



Revue des Vers à Soie

Journal of Silkworms

Publiée par la Commission Séricicole Internationale
Published by the International Sericultural Commission
26, rue Bellecordière - 69002 Lyon - 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 S. (Italie / *Italy*)
CHEN Y. (Chine / *China*)
COUBLE P. (France)
DANDIN S.B. (Inde / *India*)
DAS B.C. (Inde / *India*)
FONSECA T.C. (Brésil / *Brazil*)
FREDDI G. (Italie / *Italy*)
GOLDSMITH M.R. (USA)
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*)
MASE K. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
MIRANDA J. E. (Brésil / *Brazil*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
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

Rapports techniques / Technical reports

- Knowledge level and constraints to adoption of improved sericulture practices among sericulture growers 417**
 Niveaux de connaissances et contraintes par rapport à l'adoption de pratiques séricoles améliorées chez les sériculteurs 429
 M. K. MOTAMED

- Characterization of silkworm hybrids of *Bombyx mori* L. involving normal and sex limited bivoltine parents with reference to quantitative traits 435**
 Caractérisation des hybrides de ver à soie de *Bombyx mori* L. impliquant des parents bivoltins normaux et limités au sexe par rapport aux caractères quantitatifs 445
 N. MAL REDDY, H. K. BASAVARAJA, S. NIRMAL KUMAR & C. K. KAMBLE

- Feeding response of newly hatched silkworm (*Bombyx mori*) larvae to mulberry leaves fortified with *Parthenium hysterophorus* extracts 451**
 Réponse de larves de ver à soie (*Bombyx mori*) venant d'éclore à l'alimentation avec des feuilles de mûrier fortifiées avec des extraits de *Parthenium hysterophorus* 457
 M. V. CHANDRAKALA, PRAKASH DHARANI, R. R. PATIL, V. G. MARIBASHETTY, C. S. GURURAJ & B. M. SEKHARAPPA

- Biotechnological importance of cocoon magnetization with particular reference to the reproductive potential of multivoltine mulberry silkworm (*Bombyx mori* Linn.) . . . 461**
 Importance biotechnologique de la magnétisation des cocons particulièrement par rapport au potentiel reproducteur du ver à soie mûrier polyvoltin (*Bombyx mori* Linn.) 473
 V. B. UPADHYAY & S. PRASAD

- Efficacy of antagonistic bacteria as biocontrol agent over chemical formulations for control of bacteriosis and virosis in tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. . . 479**
 Efficacité des bactéries antagonistes comme agent de lutte biologique par rapport aux formulations chimiques pour lutter contre les maladies bactériennes et virales chez le ver à soie tasar tropical, *Antheraea mylitta* D. 487
 D. K. ROY, ALOK SAHAY, N. G. OJHA & D. CHAKRABORTY

- Commercial feasibility of a new tropical tasar silkworm race Jata, *Antheraea mylitta* Drury 491**
 Acceptabilité d'une nouvelle race du ver à soie tasar tropical (*Antheraea mylitta* Drury), Jata, sur le plan commercial 503
 R. MANOHAR REDDY, B. TARAKANADHA, M. K. INHA & N. B. VIJAYA PRAKASH

- Effect of levels and sources of sulphur on growth, yield, nutrient uptake of mulberry (*Morus alba* L.) and its economics 509**
 Effet des niveaux et des sources de soufre sur la croissance, le rendement, l'absorption de nutriments chez le mûrier (*Morus alba* L.) et sur ses aspects économiques 519
 P. C. BOSE, R. KAR & A. K. BAJPAI

Survival of <i>Macrophomina phaseolina</i> in soil and debris causing charcoal rot in mulberry	523
Survie de <i>Macrophomina phaseolina</i> responsable de la pourriture charbonneuse chez le mûrier dans le sol et dans les débris	529
N. B. CHOWDARY, D. D. SHARMA, V. R. MALA & S. M. H. QADRI	
The art of curious eri silk lap sheet en route to quilting	533
L'art curieux des molletons en soie eri pour réaliser des courtepointes	543
K. CHAOBA SINGH, N. MOHENDRO SINGH, L. SOMEN SINGH & N. IBOTOMBI SINGH	

KNOWLEDGE LEVEL AND CONSTRAINTS TO ADOPTION OF IMPROVED SERICULTURE PRACTICES AMONG SERICULTURE GROWERS

MOHAMMAD KARIM MOTAMED

Department of Rural Development, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan,
P.O.Box. 41635 - 1314, Iran.

A study was conducted in twelve randomly selected villages of districts of Guilan state of Iran. With a view to identify the extent of knowledge and constraints faced by the sericulture growers in adoption of improved sericulture practices. The data were collected from 360 randomly selected respondents. The study revealed that about half of respondents had medium level of knowledge, one-fourth of the respondents had low level of knowledge and only one-fifth of them were having high level of knowledge about improved sericulture practices. Regarding constraints, the study indicated that Non-availability of mulberry leaves (88.00%) and problem in bidding (87.00%) were perceived as important constraints in sericulture production as expressed by the growers and the constraints as perceived by extension personnel were categorized into 3 groups i.e. knowledge related constraints, financial constraints and infrastructural constraints. The most important suggestions to overcome the constraints faced in adoption of improved sericulture practices by growers, were early payment and distribution of new mulberry varieties (85.00%), direct involvement of government in bidding and auction, increase in number of field extension personnel (80.00%) and support of bank for providing separate rearing house (78.00%). The most important suggestions as perceived by extension personnel were training course for up dating field extension workers (88.00%) Providing strong extension organization (80.00%) and employing more field extension workers (80.00%).

Keyword: Knowledge, constraint, sericulture, Adoption.

INTRODUCTION

Knowledge is defined as a body of information possessed by an individual. It can play an important role in improving the socio-economic status of growers. Knowledge is comprised of knowledge generation, transfer, accumulation, adoption, and diffusion, contemporary technology transfer focuses on the adoption of knowledge. Technology is essentially knowledge.

The success of any technology depends on its effective adoption and utilization in the field situations. Adoption of new technologies (recommended practices) by farmers leads to higher production. Poor adoption of technologies is influenced by a number of constraints. They lead to a gap between potential yields and the field level yields. It requires the farmers and extension personnel to be aware of the innovations, understand them and perceive advantage from its use in order to adopt them. It is widely known that a number of new technologies developed in sericulture, still remain to be adopted by the farmers. Singh, *et al.* (2007) revealed that the major constraints taken into account were technological, socio-economic and agro-ecological which limit the adoption of modern package of practices for its cultivation and ultimately the yield. Adeniji, *et al.*, (2007) reported that most sampled farmers were not aware of the complete set of technology studied. Among the technologies farmer's awareness of herbicides was least while the use of fertilizer recorded and showed the major reasons for non adoption of improved technologies were inadequate knowledge and non availability

of these technologies. Thomas *et al.* (2007) in their study found that associated with age, education, operational land holding, farm size, income, social participation, extension contact, farming experience, farm education exposure, scientific orientation, knowledge level, training and financial help received. Jabbar *et al.*, (2003) revealed that technology adoption is not a one-off static decision; rather it involves a dynamic process in which information gathering, learning and experience play pivotal roles, participatory in the early stage of adoption. A conceptual framework for an adoption pathway is suggested in which farmers move from learning to adoption, to continuous or discontinuous use over time. Mathoo (2008) revealed that the farmers faced stiffest challenge for sale of wool, meat and milk and reported that the cost of credit was too high or there were difficult procedure for obtaining veterinary services and package of practice were available throughout the surveyed area.

Hence, to understand the Knowledge level and Constraints of adoption of new recommended sericulture practices, the present investigation was undertaken with the following specific objectives;

- 1- Socio-economic profile of sericulture growers
- 2-Extent of adoption of improved sericulture practices
- 3- The knowledge and constraints faced by the growers and extension personnel in adoption of improved sericulture practices.
- 4- Suggestions given by sericulture growers and extension personnel to overcome constraints in adoption of improved sericulture practices
- 5-Topics of training course for updating of grower's knowledge.

MATERIAL AND METHODS

More than 65 percent cocoon production in Iran comes from the Guilan state. The study was carried out in Asatane, Langeroud and Fouman cities of Guilan state of Iran during April 2007 to September 2008. Each city has 2 districts and 6 blocks. Among blocks, three blocks were randomly selected. From these selected blocks 12 villages were selected randomly, i.e. 12 villages were selected for the study. For each selected village, a list of farmers practicing sericulture was obtained from Central Silk Board and 30 farmers from each village were randomly selected. Thus the sample for the study comprised of a total of 360 respondents.

For the measurement of socio-economic (16 independent characteristics and one dependent variable :extent of adoption), knowledge level, constraints, Suggestions and Topics of training course for Sericulturists, a comprehensive schedule was developed and field tested before data collection. Personal interview, direct observation, meeting and discussion were the methods used for data collection. Based on the responses of the sericulture growers and extension personnel, suggestion and topics of training course have been made to overcome the constraints coming in the way of adoption of improved sericulture practices.

Statistical analysis was done with the help of SPSS 15.0 package. At the section of descriptive statistic (frequency, percentage) and at the section of inferential statistics, (correlation coefficient and multiple Regression Analysis) were used

Simple percentage was worked out on the data gathered on this aspect and ranked accordingly in this regard.

RESULT AND DISCUSSION

1- Socio-economic profile of sericulture growers:

The correlation coefficients of 12 out of 16 variables, namely, age, education, social participation, utilization of information source, mass media exposure, annual income, extension contact, economic motivation, marketing support, subsidy or loan, technical support and socio-economic status were

significant at 0.01 level of probability with adoption of improved sericulture practices. Among these, only age was found negatively correlated. Further, correlation coefficient of family size (-0.119), land holding (-0.109) and family type (-0.072) with extent of adoption was negative and non-significant, whereas occupation (0.005) was found positive but non-significant with adoption level of respondents at 0.01 level of probability. It is clear from the above finding that there were significant correlations between majority of characteristics of respondents and extent of adoption of improved sericulture practices. The variables showing positive and significant relationship need greater attention on the part of extension agency to enhance adoption of sericulture technology in the area.

2- Extent of adoption of improved sericulture practices:

The extent of adoption behavior of respondents in respect of improved sericulture practices was studied by adding individual scores received on 15 practices. The total score for a respondent is obtained by summing up the score obtained on each practices. According to the total score, they were categorized into three categories and the results are presented in Table I.

The data in Table I show that majority of the respondents (47.00 per cent) had medium level of adoption of improved sericulture practices. A negligible percentage of the respondents, i.e., 23.00 per cent and 30.00 per cent had high and low adoption level of improved sericulture practices respectively. The results suggest a need for greater extension effort to provide know- how of the improved sericulture to the respondents so that their adoption level is enhanced.

3- Extent of knowledge of improved sericulture practices:

Adequate and relevant knowledge about improved sericulture practices is most important for its adoption. Distribution of the respondents according to practice wise knowledge and overall knowledge levels about improved sericulture practices was made based on the responses received on 16 relevant questions. The overall knowledge level was classified under three levels i.e. full (score 4), partial (score 2) and nil (score 0). The results are presented in Table II.

Table I. Distribution of the respondents according to their adoption behaviour.

Tableau I. Distribution des personnes interrogées selon leur comportement d'adoption.

Sr. No.	Adoption levels	Respondents and Percentage N = 360
No. d'ordre	Niveaux d'adoption	Personnes interrogées et pourcentage N = 360
1.	Low / Faible	30.00
2.	Medium / Moyen	47.00
3.	High / Elevé	23.00
	Total	100.00

Table II. Practice wise distribution of respondents according to their knowledge about improved sericulture practices.

Tableau II. Distribution des personnes en fonction de leurs pratiques selon leurs connaissances des pratiques séricicoles améliorées.

S. No	Recommended improved Sericulture practice	Percentage of respondents (N=360)		
		Full	Partial	Nil
No. d'ordre	Pratiques séricicoles améliorées recommandées	Pourcentage de personnes interrogées (N = 360)		
		Complet	Partiel	Nul
1	Use of new recommended mulberry varieties <i>Utilisation des nouvelles variétés de mûrier recommandées</i>	70.00	28.00	2.00
2	Method of cutting and pruning <i>Méthode de bouturage et de taille</i>	65.00	20.00	15.00
3	Method used for propagation of seeds <i>Méthode utilisée pour la multiplication des graines</i>	10.00	20.00	70.00
4	Method of mulberry planting <i>Méthode de plantation des mûriers</i>	60.00	30.00	10.00
5	Method used for propagation of mulberry tree <i>Méthode utilisée pour la multiplication des mûriers</i>	25.00	50.00	25.00
6	Appropriate time for mulberry cultivation <i>Culture du mûrier à la période appropriée</i>	67.00	23.00	10.00
7	Method of harvesting and storing of mulberry leaves <i>Méthode de récolte et de stockage des feuilles de mûrier</i>	18.00	62.00	20.00
8	Recommended doses of fertilizers <i>Doses d'engrais recommandées</i>	19.00	21.00	60.00
9	Method used for controlling fungi and leaf diseases in mulberry <i>Méthodes utilisées pour lutter contre les champignons et les maladies de la feuille chez le mûrier</i>	11.00	10.00	75.00
10	New recommended seed varieties of silk worm <i>Nouvelles variétés de graines de ver à soie recommandées</i>	88.00	7.00	5.00
11	Life cycle of silk worm / Cycle de vie du ver à soie	80.00	17.00	3.00
12	Cocoon obtained from 100/dfls in Kg <i>Cocons obtenus à partir de 100 pontes saines en kg</i>	55.00	35.00	10.00
13	Method of disinfection / Méthode de désinfection	25.00	55.00	20.00
14	Leaf preparation time for feeding <i>Période de préparation de la feuille pour l'alimentation</i>	37.00	52.00	11.00
15	Method to control fungi, pests and diseases of silk worm <i>Méthodes pour lutter contre les champignons, les parasites et les maladies du ver à soie</i>	21.00	10.00	69.00
16	Method of rearing / Méthode d'élevage	61.00	23.00	16.00

Practice wise distribution of respondents according to extent of knowledge revealed that most of the respondents had full knowledge about the improved practices namely, new recommended seed varieties (88.00%), life cycle of silk worm (80.00%), use of new recommended mulberry varieties (70.00%), appropriate time for mulberry cultivation (67.00%), method of cutting and pruning (65.00%) and method of rearing (61.00%), method of mulberry planting (60.00%), cocoon obtained from 100/dfls in Kg (55.00%), leaf preparation time for feeding (37.00%), method used for propagation of mulberry tree and method of disinfection (25.00%), method used for controlling fungi, pests and diseases of silk worm (21.00%), recommended doses of fertilizers (19.00%), method of harvesting and storing of mulberry leaves (18.00%), method used for controlling fungi and leaf diseases in mulberry (11.00%), method used for propagation of seeds (10.00%).

Further, it was also found that more than 50 percent of respondents had partial knowledge about improved practices namely, method of harvesting and storing mulberry leaves (62.00%), method of disinfection (55.00%), leaf preparation time for feeding (52.00%) and method used for propagation of mulberry tree (50.00%).

Almost all the respondents did not know method used for controlling fungi and leaf diseases in mulberry (75.00%), the method used for propagation of seeds (70.00%), method used for controlling fungi, pests and diseases of silk worm (69.00%) and recommended doses of fertilizers (60.00%).

The knowledge of improved sericulture practices among respondents was studied by adding the scores obtained on different practices. The total score of the respondents obtained on knowledge scale of sericulture practices was analysed and categorized into 3 different knowledge levels. The results are presented in Table III.

Table III. Distribution of respondents according to their knowledge about improved sericulture practices.

Tableau III. Distribution des personnes interrogées selon leur connaissance des pratiques séricoles améliorées.

S. No.	Level of knowledge	Frequency and Percentage
No. d'ordre	Niveau de connaissances	Fréquence et pourcentage N=360
1.	Low / Faible	31.00
2.	Medium / Moyen	48.00
3.	High / Elevé	21.00
	Total	100.00

It is clear from the data in Table III that near of half of respondent (48.00%) had medium level of knowledge about improved sericulture practices. About one-third of the respondents (31.00%) had low level of knowledge of improved sericulture practices. Only about 21.00 percent of them had high level of knowledge about improved sericulture practices. As a whole, the results indicate that farmers had not so good knowledge of improved practices of sericulture. For higher economic benefit from the enterprise, it is essential for the respondents to have adequate knowledge of improved scientific practices. Thus, appropriate effort is required to update the knowledge of respondents about improved sericulture practice.

4- Constraints faced by the sericulture growers in adoption of improved sericulture practices

The constraints to adoption of improved sericulture practices as perceived by growers were analysed and categorized. The results are presented in Table IV.

Table IV. Constraints faced by the respondents in adoption of sericulture practices.

Tableau IV. Contraintes auxquelles font face les personnes interrogées par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles.

N= 360				
S.No.	Constraints	Frequency per cent		Rank.
No. d'ordre	Contraintes	Fréquence	%	Classement
1.	Problem in bidding / <i>Problèmes d'enchères</i>	313	87	II
2.	Non involvement of Govt. and society during action <i>Absence d'implication du gouvernement et de la société au cours des actions</i>	274	76	IV
3.	Delay in payment of dues / <i>Retard de paiement des créances</i>	263	73	VI
4.	Low extension contact / <i>Peu de contact de vulgarisation</i>	267	74	V
5.	Lack of knowledge about sericulture <i>Manque de connaissances en sériciculture</i>	245	68	VIII
6.	Lack of separate rearing house / <i>Absence de lieu d'élevage séparé</i>	252	70	VII
7.	Non-availability of labor / <i>Absence de main d'oeuvre</i>	288	80	III
8.	Non-availability of mulberry leaves <i>Absence de feuilles de mûrier</i>	317	88	I
9.	Inadequate support by bank / <i>Soutien insuffisant des banques</i>	162	45	IX
10.	High cost of Govt. services <i>Coût élevé des services gouvernementaux</i>	134	37	X
11.	Lack of money / <i>Manque d'argent</i>	119	33	XI
12.	Adverse climate / <i>Climat hostile</i>	54	15	XII

It appears from the data in Table IV that Non-availability of mulberry leaves (88.00%) and Problem in bidding (87.00%) were perceived as important constraints in sericulture production as expressed by the growers. This was followed by non-availability of labor (80.00%), non involvement of Govt. and society during action (76.00%), low extension contact (74.00%), delay in payment of dues (73.00%), lack of separate rearing house (70.00%), lack of knowledge about sericulture (68.00%), inadequate support by bank (45.00%), high cost of Govt. services (37.00%), lack of money (33.00%), adverse climate (15.00%) as the major constraints in sericulture production in order.

5- Suggestions given by sericulture growers to overcome constraints in adoption of improved sericulture practices:

The suggestions for adoption improved sericulture practices as given by respondents were analysed and the results are presented in Table V.

Table V. Suggestions given by sericulture growers to overcome constraints in adoption of improved sericulture practices.

Tableau V. Suggestions des *sericulteurs* pour surmonter les contraintes liées à l'adoption des pratiques *séricicoles* améliorées.

N= 360

S.No.	Suggestions	Frequency	per cent	Rank.
No. d'ordre		Fréquence	%	Classement
1.	Direct involvement of Govt. during bidding and action <i>Implication directe du gouvernement pendant les enchères et au cours des actions</i>	288	80	II
2.	Early payment / <i>Paiement rapide</i>	306	85	I
3.	Increase in field extension personnel <i>Augmentation du personnel de vulgarisation sur le terrain</i>	288	80	II
4.	Support of bank for providing separate rearing house <i>Soutien des banques pour un lieu d'élevage séparé</i>	281	78	III
5.	More training for all family members <i>Plus de formation pour tous les membres de la famille</i>	270	75	IV
6.	Distribution of new mulberry varieties <i>Distribution de nouvelles variétés de mûrier</i>	306	85	I
7.	Increased amount of loan and timely payment <i>Augmentation du montant des prêts et paiement à temps</i>	216	60	VI
8.	Decrease in cost of Govt services <i>Baisse du coût des services gouvernementaux</i>	227	63	V
9.	Subsidy and loan by Govt <i>Subventions et prêts par le gouvernement</i>	198	55	VII

The growers reported nine important suggestions to overcome the problems and constraints faced in adoption of improved sericulture practices. The most important suggestions were early payment and distribution of new mulberry varieties (85.00%), direct involvement of government in bidding and auction and increase in number of field extension personnel (80.00%) and Support of bank for providing (78.00%).

6-Constraints as perceived by extension personnel

The constraints to sericulture production as perceived by extension personnel were analysed and categorized. The results are presented in Table VI.

The constraints as perceived by extension personnel were categorized into 3 groups i.e. knowledge related constraints, financial constraints and infrastructural constraints.

a) Knowledge constraints:

Lack of adequate awareness about new varieties of mulberry tree and seed worm (84.00%), Upgrading the practical knowledge of extension personnel (64.00%) and Lack of proper knowledge of rearing technology (50.00 %)

Table VI. Constraints of sericulture practices as perceived by extension personnel
Tableau VI. Contraintes des pratiques séricicoles d'après le personnel de vulgarisation.

N = 50				
S. No.	Constraints	Frequency	Per cent	Rank
No. d'ordre	Contraintes	Fréquence	%	Classement
1.	Lack of adequate awareness about mulberry and seed worms <i>Manque de sensibilisation suffisante à propos des mûriers et des vers à soie de grainage</i>	42	84.00	I
2.	Lack of adequate number of field extension staff <i>Manque de personnel de vulgarisation sur le terrain</i>	40	80.00	II
3.	Lack of training for up dating extension workers <i>Manque de formation pour mettre à jour le personnel de vulgarisation</i>	32	64.00	III
4.	Lack of proper knowledge of rearing technology <i>Manque de connaissances véritables des technologies d'élevage</i>	25	50.00	IV
5.	Delay in payment / <i>Retard de paiement</i>	23	46.00	V
6.	Lack of support price / <i>Manque de prix de soutien</i>	21	42.00	VI
7.	Lack of varieties of mulberry trees and seedworm <i>Manque de variétés de mûriers et de vers à soie de grainage</i>	18	36.00	VII
8.	Lack of organised market / <i>Absence d'organisation du marché</i>	16	32.00	VIII
9.	Inadequate credit facilities / <i>Facilités de credit inadaptées</i>	15	30.00	IX
10.	Lack of proper rearing house / <i>Absence de véritable lieu d'élevage</i>	11	22.00	X

b) Financial constraints:

Delay in the payment (46.00 %), lack of support price (42.00%) and inadequate credit facilities for rearing (30.00 %)

c) Infrastructural constraints:

Adequate number of field extension personnel (80.00 %), lack of varieties of mulberry tree and seed worm (36.00%) lack of organized market (32.00%) and lack of proper rearing house (22.00%)

7- Suggestions as perceived by extension personnel:

The suggestions for improved sericulture production as given by extension personnel were analysed and the results are presented in Table VII.

After detailed interview and discussions, the extension personnel reported nine important suggestions to make the sericulture a viable enterprise in the area.

Table VII. Suggestions as perceived by extension personnel.

Tableau VII. Suggestions d'après les perceptions du personnel de vulgarisation.

N = 50

S. No.	Suggestions	Frequency	Per cent	Rank
No. d'ordre		Fréquence	%	Classement
1.	Training course for up dating field extension workers <i>Formations pour mettre à jour le personnel de vulgarisation sur le terrain</i>	40	88.00	I
2.	Providing strong extension organization <i>Mise en place d'une organisation de vulgarisation efficace</i>	44	80.00	II
3.	Employing more field extension workers <i>Emploi de plus de personnel de vulgarisation sur le terrain</i>	40	80.00	II
4.	Early in the payment / <i>Palements rapides</i>	31	66.00	III
5.	Organised market and support price <i>Organisation du marché et soutien des prix</i>	25	50.00	IV
6.	Adequate credit facilities / <i>Facilités de crédit suffisantes</i>	23	46.00	V
7.	Proper and separate rearing house <i>Lieu d'élevage adapté et séparé</i>	21	42.00	VI
8.	Decrease in cost of Govt. service <i>Baisse des coûts des services gouvernementaux</i>	11	22.00	VII
9.	Providing net work with other department <i>Mise en réseau avec d'autres services</i>	9	18.00	VIII

1) It appears from the data in Table VII that training course for updating knowledge of extension personnel was the first and foremost major suggestion given by 88.00 per cent of extension personnel. It appears from the data in Table VII that the second suggestion given by 80.00 per cent of extension personnel was providing strong extension organization and adequate number of extension field personnel. At present, only ten extension field personnel were working in the field level. They had to do all the works including training of growers. It was not possible for them to contact all growers during the period of growing seed worm. By providing strong extension organization and employing adequate field extension personnel, level of contact, awareness and adoption of technology would increase. Thus, suggestion made is quite logical and it should be given due attention in promoting sericulture production. Like growers, extension personnel (66.00%) also felt that early payment of money after selling cocoon was an important factor for encouraging farmers in sericulture. This would help them to pay back loan in time and to purchase necessary inputs for next season. Organized market and support price for cocoon were suggested by 50.00 per cent of extension personnel. According to them more involvement of local societies in solving irregularities and larger representation of farmers in marketing committees would help solve this problem. About half of extension personnel (46.00%) suggested that adequate credit facilities would help for developing sericulture in this area. Nearly half of extension personnel (42.00%) suggested that sericulturists should build separate rearing house. Since separate house would help growers in decreasing disease and pest incidence, it would also help in implementation of disinfection programmed and management of optimum humidity and

temperature making it conducive for rearing cocoon. It is all the more desirable to provide technical guidance and financial support in this matter. Decreasing cost of government services was suggested by 22.00 per cent of extension personnel. They expressed that decreasing the cost of government services would provide more benefit to growers and would serve well for development of sericulture in the area. Establishing network with other departments was suggested by 18.00 per cent of extension personnel. They believed, this network would lead to better transfer of technology, and enhance knowledge of staff and growers.

Table VIII. Topics of training course for sericulture grower's knowledge.

Tableau VIII. Sujets de formations pour les sériciculteurs.

N = 50				
S.No.	Subject matters	Frequency	Per cent	Rank
No. d'ordre	Matières	Fréquence	%	Classement
1.	Mulberry plantation techniques <i>Techniques de plantation des mûriers</i>	45	91.00	I
2.	Silk worm rearing techniques <i>Techniques d'élevage des vers à soie</i>	45	91.00	I
3.	Post cocoon technology / <i>Technologie post-cocon</i>	44	88.00	II
4.	Disinfection awareness <i>Sensibilisation à la désinfection</i>	40	80.00	III
5.	Marketing of cocoon / yarn / product <i>Commercialisation des cocons / du fil / du produit</i>	36	72.00	V
6.	Control of quality of product / <i>Contrôle qualité du produit</i>	26	52.00	IV
7.	Economic motivation / <i>Motivation économique</i>	20	40.00	VI
8.	Controlling fungi, pests and diseases of silk worm and mulberry <i>Lutte contre les champignons, les parasites et les maladies du ver à soie et du mûrier</i>	40	80.00	III
9.	Method of disinfection and using fertilizers <i>Méthode de désinfection et d'utilisation des engrais</i>	36	72.00	V

According to the data in Table VIII, it is clear that about 91.00 per cent of extension personnel suggested mulberry plantation technique and silk worm rearing as the first major subject matter for training course. This was followed by post cocoon technology (88.00%), disinfection awareness and controlling fungi, pests and diseases of silk worm and mulberry (80.00%), marketing of cocoon/yarn/product, Method of disinfection and using fertilizers (72.00%), quality control (52.00%) and Economic motivation (40.00%) in order.

CONCLUSION

The success of any technology depends on its effective adoption and utilization in the field situations. It was observed that large number farmers did not have adequate knowledge about improved practices (method of harvesting and storing mulberry leaves, method of cutting and pruning,...) which reflected in poor adoption. Poor adoption of recommended sericulture practices is the main factor for the slow growth of the sericulture production in Iran. Poor adoption of technologies is influenced by a number of constraints. The study has revealed as many as 12 constraints faced by the sericulture growers in adoption of improved sericulture practices. The most important constraints in order of importance were problem in bidding, delay in payment of dues and low extension contact etc. and 9 constraints faced by extension personal (lack of adequate awareness about new varieties of mulberry tree and seed worm, inadequate number of field extension personnel, lack of training for extension personnel ...).

Sericulture development in rural area is directly proportional to the degree of efficiency of extension personnel; Training courses for updating knowledge and up gradation skill of extension personnel on specific subjects on regular intervals are needed. The regular training programs should be organized based on identified needs and resources of the farmers, involvement of poor and small farmers, women and others should be ensured. Strengthening strong extension organization and employing adequate field extension personnel, increasing awareness and adoption of technology, right selection and effective use of an extension method and systematic approach based on established principles and procedures are required. Effort should be made for land to lab approach, instead of lab to land and develop local leadership and mobilize group of farmers for sericulture, encourage and assist all farmers for adoption of sericulture technologies, by developing appropriate package of sericulture. These are the key points of success for overcoming constraints of production of sericulture and improve and extend the sericulture adoption of grower's technologies.

REFERENCES

- MATTOO, PA AHMAD, (2008) Knowledge level and constraints faced by livestock owners in Kashmir valley. *Indian veterinary journal*, vol. 85 (No.3) s85
- JABBAR, M.A. (2003). Role of knowledge in the adoption of new agricultural technologies. *International journal resources, governance and ecology*. Vol 2, No.3-4, p.312-327.
- ADENIJI, O.B. Adoption of improved cotton production technologies in Katsina state. Institute for agricultural research, Ahmadu bello university, P.M.B. 1044, Zaria.
- SINGH, S.N. (2007). Adoption constraints of pigeon pea cultivation in Lucknow district of central Uttar Pradesh. *Indian research journal. Ext. Edu.* 7 (1).
- THOMAS, R PRESTON, RENE, SANSOUCY & HECTOR, OSORIO. (2007). Adoption of improve technology by farmers

NIVEAUX DE CONNAISSANCES ET CONTRAINTES PAR RAPPORT A L'ADOPTION DE PRATIQUES SERICICOLES AMELIOREES CHEZ LES SERICICULTEURS

MOHAMMAD KARIM MOTAMED

Department of Rural Development, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan,
P. O. Box 41635 – 1314, Iran.

On a réalisé une étude dans douze villages sélectionnés de manière aléatoire dans des districts de l'Etat de Guilan en Iran en vue d'identifier le degré de connaissances et les contraintes que rencontrent les sériciculteurs pour adopter les pratiques séricicoles améliorées. Les données ont été recueillies chez 360 personnes interrogées, sélectionnées de manière aléatoire. L'étude révèle qu'environ la moitié des personnes interrogées a un niveau moyen de connaissances, un quart des personnes interrogées a un faible niveau de connaissance et seulement un cinquième d'entre elles a un niveau élevé de connaissances sur les pratiques séricicoles améliorées. Concernant les contraintes, l'étude montre que l'absence de feuilles de mûrier (88 %) et les problèmes d'enchères (87 %) sont perçus comme des contraintes importantes dans la production séricicole par les éleveurs. Pour le personnel de vulgarisation, les contraintes se classent en trois groupes, les contraintes liées aux connaissances, les contraintes financières et les contraintes en matière d'infrastructures. Les suggestions les plus importantes des éleveurs pour surmonter les contraintes qu'ils rencontrent par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles améliorées sont un paiement rapide et la distribution de nouvelles variétés de mûrier (85 %), l'implication directe du gouvernement dans les offres et les enchères, l'augmentation du nombre de personnel de vulgarisation sur le terrain (80 %) et le soutien des banques pour se procurer des lieux d'élevage séparés (78 %). Pour le personnel de vulgarisation, les suggestions les plus importantes sont des formations de mise à jour des connaissances du personnel de vulgarisation sur le terrain (88 %), la mise en place d'une organisation de vulgarisation efficace (80 %) et l'emploi de plus de personnel de vulgarisation (80 %).

INTRODUCTION

Les connaissances sont définies comme un ensemble d'informations que possède un individu. Elles peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration du statut socio-économique des éleveurs. Les connaissances comprennent la génération, le transfert, l'accumulation, l'adoption et la diffusion des connaissances, le transfert de technologies contemporain porte sur l'adoption des connaissances. Les technologies sont principalement des connaissances.

Le succès de n'importe quelle technologie dépend de son adoption et de son utilisation efficaces dans les situations de terrain. L'adoption de nouvelles technologies (pratiques recommandées) par les fermiers débouche sur une production plus importante. La mauvaise adoption des technologies est influencée par un certain nombre de contraintes. Elles entraînent un écart entre les rendements potentiels et les rendements au niveau du terrain. Il est nécessaire que les fermiers et le personnel de vulgarisation soient sensibilisés aux innovations pour les comprendre et percevoir leurs avantages, afin qu'ils les adoptent. Il est bien connu qu'un certain nombre de nouvelles technologies mises au point en sériciculture restent encore à être adoptées par les fermiers. Singh et coll., (2007) ont révélé que les principales contraintes sont technologiques, socio-économiques et agro-écologiques et elles limitent l'adoption de systèmes modernes de pratiques pour l'élevage, ce qui a un impact en fin de

compte sur le rendement. Adeniji et coll., (2007) ont rapporté que la plupart des fermiers échantillonnés ne connaissent pas toutes les technologies étudiées. Parmi les technologies, la sensibilisation des fermiers par rapport aux herbicides est la moins importante, tandis qu'on enregistre une utilisation d'engrais et on constate que les principales raisons pour lesquelles les technologies améliorées ne sont pas adoptées sont des connaissances insuffisantes et l'absence de ces technologies. Thomas et coll., (2007) dans leur étude ont trouvé que l'adoption des techniques améliorées est associée avec l'âge, l'éducation, les terrains opérationnels, la taille de la ferme, les revenus, la participation sociale, les contacts de vulgarisation, l'expérience en matière d'agriculture, l'exposition à l'éducation agricole, l'orientation scientifique, le niveau de connaissances, la formation et l'aide financière reçues. Jabbar et coll., (2003) ont révélé que l'adoption des technologies n'est pas une décision statique unique, il s'agit plutôt d'un processus dynamique dans lequel le recueil d'informations, le savoir et l'expérience jouent des rôles pivots, qui participent au premier stade de l'adoption. Nous suggérons un cadre conceptuel pour un processus d'adoption, par lequel les fermiers se déplacent du savoir à l'adoption et à une utilisation continue ou discontinue, au cours du temps. Mathoo (2008) a révélé que les fermiers font face à des défis difficiles pour la vente de la laine, de la viande et du lait et ils ont rapporté que le coût du crédit est trop élevé ou que les procédures pour avoir recours aux services vétérinaires et à l'ensemble des pratiques qui existent dans toute la zone étudiée sont difficiles.

Cette étude a donc été entreprise pour évaluer le niveau de connaissances et les contraintes par rapport à l'adoption des nouvelles pratiques séricicoles recommandées, avec les objectifs spécifiques suivants :

- 1- Profil socio-économique des sériciculteurs.
- 2- Degré d'adoption des pratiques séricicoles améliorées.
- 3- Connaissances et contraintes que rencontrent les sériciculteurs et le personnel de vulgarisation pour adopter les pratiques séricicoles améliorées.
- 4- Suggestions des sériciculteurs et du personnel de vulgarisation pour surmonter les contraintes par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles améliorées.
- 5- Sujets des formations de mise à jour des connaissances des sériciculteurs.

MATERIELS ET METHODES

Plus de 65 % de la production de cocons en Iran vient de l'Etat de Guilan. L'étude a été réalisée dans les villes d'Asatane, de Langeroud et de Fouman dans l'Etat de Guilan en Iran d'avril 2007 à septembre 2008. Chaque ville comprend deux districts divisés en six blocs. Parmi les blocs, trois blocs sont sélectionnés de manière aléatoire. Sur ces blocs sélectionnés, on sélectionne 12 villages de manière aléatoire, c'est-à-dire qu'on sélectionne 12 villages pour l'étude. Pour chaque village sélectionné, on obtient une liste de fermiers pratiquant la sériciculture auprès du *Central Silk Board* et on sélectionne 30 fermiers dans chaque village de manière aléatoire. L'échantillon pour l'étude comprend donc un ensemble de 360 personnes interrogées.

Pour la mesure des aspects socioéconomiques (16 caractéristiques indépendantes et une variable dépendante : le degré d'adoption), du niveau de connaissances, des contraintes, des suggestions et des sujets des formations pour les sériciculteurs, nous avons mis au point un programme global et nous l'avons testé sur le terrain avant le recueil des données. Pour le recueil des données, on utilise des entretiens personnels, des observations directes, des réunions et des discussions. D'après les réponses des sériciculteurs et du personnel de vulgarisation, des suggestions et des sujets de formations ont été proposés pour surmonter les contraintes gênant l'adoption des pratiques séricicoles améliorées.

On procède à l'analyse statistique à l'aide d'un ensemble SPSS 15,0. On utilise des statistiques descriptives (fréquence, pourcentage) et des statistiques déductives (coefficient de corrélation et analyse de régression multiple).

On calcule le pourcentage simple sur les données réunies pour cet aspect et on les classe en conséquence.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Profil socio-économique des sériciculteurs :

Les coefficients de corrélation de 12 variables sur 16, à savoir l'âge, l'éducation, la participation sociale, l'utilisation des sources d'information, l'exposition aux mass media, le revenu annuel, les contacts de vulgarisation, les motivations économiques, le soutien marketing, les subventions ou les prêts, le soutien technique et le statut socio-économique sont significatifs au seuil de probabilité de 0,01 avec l'adoption des pratiques séricicoles améliorées. Parmi celles-ci, seul l'âge s'avère corrélé de manière négative. Par ailleurs, le coefficient de corrélation de la taille de la famille ($-0,119$), des possessions de terrain ($-0,109$) et du type de famille ($-0,072$) avec le degré d'adoption est négatif et non significatif, tandis que l'emploi ($0,005$) s'avère positif mais non significatif avec le niveau d'adoption des personnes interrogées au seuil de probabilité de 0,01. Il est clair d'après les résultats ci-dessus qu'il y a des corrélations significatives entre la plupart des caractéristiques des personnes interrogées et le degré d'adoption des pratiques séricicoles améliorées. Les organisations de vulgarisation doivent accorder une plus grande attention aux variables présentant une relation positive et significative pour augmenter l'adoption des technologies séricicoles dans cette zone.

2. Degré d'adoption des pratiques séricicoles améliorées :

On a étudié le degré du comportement d'adoption des personnes interrogées par rapport aux pratiques séricicoles améliorées en ajoutant les notes individuelles reçues pour 15 pratiques. On obtient la note totale pour une personne interrogée en ajoutant les notes obtenues pour chacune des pratiques. Selon la note totale, on les classe en trois catégories et les résultats sont présentés dans le Tableau I.

Les données dans le Tableau I montrent que la majorité des personnes interrogées (47 %) a un niveau moyen d'adoption des pratiques séricicoles améliorées. Un pourcentage négligeable des personnes interrogées, c'est à dire 23 % et 30 % ont respectivement un niveau élevé et faible d'adoption des pratiques séricicoles améliorées. Les résultats suggèrent qu'il est nécessaire d'entreprendre de plus grands efforts de vulgarisation pour transmettre le savoir-faire concernant les pratiques séricicoles améliorées aux personnes interrogées, de manière à ce que le niveau d'adoption augmente.

3. Degré de connaissances des pratiques séricicoles améliorées :

Les connaissances suffisantes et pertinentes des pratiques séricicoles améliorées sont très importantes pour leur adoption. On distribue les personnes interrogées selon leurs connaissances pratiques et générales des pratiques séricicoles améliorées, d'après les réponses reçues à 16 questions pertinentes. Le niveau de connaissances générales est classé en trois niveaux, c'est-à-dire complet (note 4), partiel (note 2) et nul (note 0). Les résultats sont présentés dans le Tableau II.

La distribution des personnes interrogées selon leur degré de connaissances des pratiques révèle que la plupart des personnes interrogées connaissent complètement les pratiques améliorées, à savoir les recommandations de nouvelles variétés de graines (88 %), le cycle de vie du ver à soie (80 %), l'utilisation de nouvelles variétés de mûrier recommandées (70 %), la période appropriée pour la culture du mûrier (67 %), les méthodes de bouturage et de taille (65 %), la méthode d'élevage (61 %) la méthode de plantation des mûriers (60 %), le nombre de cocons obtenus à partir de 100 pontes

saines en kg (55 %), la période de préparation des feuilles pour l'alimentation (37 %), la méthode utilisée pour la multiplication des mûriers et les méthodes de désinfection (25 %), les méthodes utilisées pour lutter contre les champignons, les parasites et les maladies du ver à soie (21 %), les doses d'engrais recommandées (19 %), les méthodes de ramassage et de stockage des feuilles de mûrier (18 %), les méthodes utilisées pour lutter contre les champignons et les maladies des feuilles de mûrier (11 %), la méthode utilisée pour la multiplication des graines (10,0 %).

Par ailleurs, on a constaté que plus de 50 % des personnes interrogées ont des connaissances partielles des pratiques séricicoles améliorées, à savoir la méthode de ramassage et de stockage des feuilles de mûrier (62 %), la méthode de désinfection (55 %), la période de préparation des feuilles pour l'alimentation (52 %) et les méthodes de multiplication des mûriers (50 %).

Presque toutes les personnes interrogées ne connaissent pas les méthodes pour lutter contre les champignons et les maladies de la feuille chez le mûrier (75 %), la méthode de multiplication des graines (70 %), les méthodes utilisées pour lutter contre les champignons, les parasites et les maladies du ver à soie (69 %) et les doses d'engrais recommandées (60 %).

On étudie les connaissances des pratiques séricicoles améliorées des personnes interrogées en ajoutant les notes obtenues pour les différentes pratiques. On analyse la note totale des personnes interrogées obtenue sur l'échelle des connaissances des pratiques séricicoles améliorées et on les classe en 3 différentes catégories de niveaux de connaissances. Les résultats sont présentés dans le Tableau III.

Il est clair d'après les données du Tableau III que près de la moitié des personnes interrogées (48 %) a un niveau moyen de connaissances des pratiques séricicoles améliorées. Environ un tiers des personnes interrogées (31 %) a un faible niveau de connaissances des pratiques séricicoles améliorées. Seules 21 % d'entre elles ont un niveau élevé de connaissances des pratiques séricicoles améliorées. Dans l'ensemble, les résultats indiquent que les fermiers n'ont pas de si bonnes connaissances des pratiques séricicoles améliorées. Pour obtenir des bénéfices plus élevés en sériciculture, il est essentiel que les personnes interrogées aient des connaissances satisfaisantes des pratiques scientifiques améliorées. Des efforts appropriés sont donc nécessaires pour mettre à jour les connaissances des personnes interrogées sur les pratiques séricicoles améliorées.

4. Contraintes rencontrée par les sériculteurs pour adopter des pratiques séricicoles améliorées :

On a analysé les contraintes par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles améliorées et on les a classées en catégories d'après les perceptions des sériculteurs. Les résultats sont présentés dans le Tableau IV.

D'après les données du Tableau IV, il apparaît que l'absence de feuilles de mûrier (88 %), les problèmes d'enchères (87 %) sont perçus comme des contraintes importantes par les sériculteurs dans la production séricicole. Ensuite, les principales contraintes de la production séricicole sont dans l'ordre : l'absence de main d'oeuvre (80 %), la non implication du gouvernement et de la société au cours des actions (76 %), les faibles contacts de vulgarisation (74 %), le retard de paiement des créances (73 %), l'absence de lieu d'élevage séparé (70 %), le manque de connaissances sur la sériciculture (68 %), le soutien inadéquat des banques (45 %), le coût élevé des services gouvernementaux (37 %), le manque d'argent (33 %) et le climat hostile (15 %).

5. Suggestions des sériculteurs pour surmonter les contraintes par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles améliorées :

On analyse les suggestions des personnes interrogées pour que les pratiques séricicoles améliorées soient adoptées et les résultats sont présentés dans le Tableau V.

Les sériculteurs ont répertorié neuf suggestions importantes pour surmonter les problèmes et les contraintes par rapport à l'adoption des pratiques séricicoles améliorées. Les suggestions les plus

importantes sont un paiement rapide et la distribution de nouvelles variétés de mûrier (85%), l'implication directe du gouvernement dans les offres et les enchères, l'augmentation du nombre du personnel de vulgarisation sur le terrain (80 %) et le soutien des banques (78 %).

6. Contraintes perçues par le personnel de vulgarisation :

On analyse les contraintes de la production séricicole d'après les perceptions du personnel de vulgarisation et on les classe en différentes catégories. Les résultats sont présentés dans le Tableau VI.

On classe les contraintes perçues par le personnel de vulgarisation en 3 groupes, c'est-à-dire les contraintes liées aux connaissances, les contraintes financières et les contraintes d'infrastructures.

a) Contraintes liées aux connaissances :

L'absence de sensibilisation suffisante par rapport aux nouvelles variétés de mûriers et de vers à soie de grainage (84 %), la modernisation des connaissances pratiques du personnel de vulgarisation (64 %) et le manque de véritables connaissances des technologies d'élevage (50 %).

b) Contraintes financières :

Les retards de paiement (46 %), le manque de soutien des prix (42 %) et les facilités de crédit inadaptées pour l'élevage (30 %).

c) Les contraintes liées aux infrastructures :

Un nombre insuffisant de personnel de vulgarisation sur le terrain (80 %), le manque de variétés de mûriers et de vers à soie de grainage (36 %), le manque d'organisation du marché (32 %) et le manque de véritable lieu d'élevage (22 %).

7. Suggestions du personnel de vulgarisation :

On analyse les suggestions du personnel de vulgarisation pour l'amélioration de la production séricicole et les résultats sont présentés dans le Tableau VII.

Après des entretiens et des discussions détaillées, le personnel de vulgarisation a signalé neuf suggestions importantes pour que la sériciculture devienne une entreprise viable dans la zone.

Il apparaît d'après les données du Tableau VII que des formations pour mettre à jour les connaissances du personnel de vulgarisation sont la première suggestion principale proposée par 88 % du personnel de vulgarisation. D'après les données du Tableau VII, la seconde suggestion proposée par 80 % du personnel de vulgarisation est la mise en place d'une organisation de vulgarisation efficace et d'un nombre suffisant de personnel de vulgarisation sur le terrain. A présent, il n'y a seulement que dix employés de vulgarisation qui travaillent sur le terrain. Ils doivent s'occuper de tout le travail y compris de la formation des sériciculteurs. Il ne leur est pas possible de contacter tous les sériciculteurs pendant la période d'élevage des vers à soie de grainage. En mettant en place une organisation de vulgarisation efficace et en employant suffisamment de personnel de vulgarisation sur le terrain, le niveau de contacts, de sensibilisation et d'adoption des technologies progressera. Les suggestions faites sont donc assez logiques et il faudrait leur accorder l'attention nécessaire afin de promouvoir la production séricicole. Comme les sériciculteurs, le personnel de vulgarisation (66 %) a aussi pensé qu'un paiement rapide après la vente des cocons est un facteur important pour encourager les fermiers dans la sériciculture. Cela les aiderait à rembourser leurs prêts à temps et à acheter les intrants nécessaires pour la saison suivante. 50 % du personnel de vulgarisation a suggéré l'organisation du marché et le soutien des prix des cocons. Selon eux une plus grande implication des sociétés locales pour résoudre les irrégularités et une plus grande représentation des fermiers dans des comités de vente permettrait de résoudre ce problème. Environ, la moitié du personnel de vulgarisation (46 %) a suggéré que des facilités de crédit contribueraient au développement de la sériciculture dans cette zone. Près de la moitié du personnel de vulgarisation (42 %) a suggéré que

les sériciculteurs devraient bâtir un lieu d'élevage séparé. Puisque des lieux séparés permettraient aux sériciculteurs de diminuer l'incidence des maladies et des parasites, ils permettraient aussi la mise en place d'un programme de désinfection et la gestion de l'humidité et de la température optimales pour l'élevage des cocons. Un soutien technique et financier à ce sujet serait très souhaitable. 22 % du personnel de vulgarisation a suggéré une baisse du coût des services gouvernementaux. Ils ont pensé que la baisse du coût des services gouvernementaux augmenterait les bénéfices des sériciculteurs et contribuerait au développement de la sériciculture dans cette zone. 18 % du personnel de vulgarisation a suggéré d'établir un réseau avec d'autres services. Ils pensent que ce réseau permettrait un meilleur transfert des technologies et augmenterait les connaissances du personnel et des sériciculteurs.

Selon les données du Tableau VIII, il est clair qu'environ 91 % du personnel de vulgarisation ont suggéré des techniques de plantation des mûriers et d'élevage du ver à soie comme principaux sujets des formations. Elles sont suivies dans l'ordre par les technologies post cocon (88 %), la sensibilisation par rapport à la désinfection et à la lutte contre les champignons, les parasites et les maladies du ver à soie et du mûrier (80 %), la commercialisation des cocons / du fil / des produits, les méthodes de désinfection et d'utilisation d'engrais (72 %), le contrôle qualité (52 %) et la motivation économique (40 %).

CONCLUSION

Le succès de n'importe quelle technologie dépend de son adoption et de son utilisation efficaces dans les situations sur le terrain. On a observé qu'un grand nombre de fermiers n'a pas de connaissances suffisantes des pratiques améliorées (méthode de ramassage et de stockage des feuilles de mûrier, méthode de bouturage et de taille...), ce qui se reflète par la mauvaise adoption. La mauvaise adoption des pratiques séricicoles recommandées est le principal facteur responsable de la lenteur de la croissance de la production séricicole en Iran. Un certain nombre de contraintes influence la mauvaise adoption des technologies. L'étude a révélé jusqu'à 12 contraintes que rencontrent les sériciculteurs pour adopter des pratiques séricicoles améliorées. Dans l'ordre d'importance, les principales contraintes sont les problèmes d'enchères, de retard de paiement des créances et les faibles contacts de vulgarisation, etc... et 9 contraintes que rencontrent le personnel de vulgarisation (manque de sensibilisation par rapport aux nouvelles variétés de mûriers et de vers à soie, nombre insuffisant de personnel de vulgarisation sur le terrain, manque de formation du personnel de vulgarisation...).

Le développement séricicole d'une zone rurale est directement proportionnel au degré d'efficacité du personnel de vulgarisation ; des formations pour mettre à jour les connaissances et améliorer les compétences du personnel de vulgarisation sur des sujets spécifiques à intervalles réguliers sont nécessaires. Des programmes de formation réguliers d'après les besoins et les ressources identifiés par les fermiers, impliquant les petits fermiers, les fermiers pauvres, les femmes, etc.. devraient être organisés. Il faut contribuer au renforcement d'une organisation de vulgarisation efficace, employer suffisamment de personnel de vulgarisation sur le terrain, augmenter la sensibilisation et l'adoption des technologies, choisir correctement une méthode de vulgarisation et l'utiliser efficacement et procéder à une approche systématique basée sur les principes et les procédures établis. Il faudrait faire des efforts pour une approche allant du terrain au laboratoire et non du laboratoire au terrain, mettre en place une direction au niveau local, mobiliser des groupes de fermiers pour la sériciculture, encourager et assister tous les fermiers pour l'adoption des technologies séricicoles, en mettant au point un système séricicole approprié. Ce sont les points clés de la réussite pour surmonter les contraintes de la production séricicole et améliorer et étendre l'adoption des technologies par les sériciculteurs

CHARACTERIZATION OF SILKWORM HYBRIDS OF *BOMBYX MORI* L. INVOLVING NORMAL AND SEX-LIMITED BIVOLTINE PARENTS WITH REFERENCE TO QUANTITATIVE TRAITS

N. MAL REDDY^{1*}, H. K. BASAVARAJA², S. NIRMAL KUMAR³ & C. K. KAMBLE⁴

1. P4, Basic Seed Farm, Central Sericultural Research and Training Institute, Hassan— 573 217, India.

2. Silkworm Seed Technology Laboratory, Bangalore - 560 035, India.

3. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore - 570008, India.

4. Central Sericultural Germplasm Resources Center, Hosur - 635 109, India.

The present investigation deals with characterization of quantitative traits in silkworm hybrids involving normal and sex-limited bivoltine parents. The polyvoltine race, Pure Mysore (PM) and four bivoltine parents viz., CSR2 (Oval type) and CSR4 (Dumbbell type) and their sex-limited cocoon colour counterparts namely, CSR2SL and CSR4SL were utilized. The hybrids namely, polyvoltine × bivoltine (PM × CSR2, PM × CSR2SL), bivoltine × polyvoltine (CSR2 × PM, CSR2SL × PM) and bivoltine × bivoltine (CSR2 × CSR4, CSR4 × CSR2, CSR2SL × CSR4SL and CSR4SL × CSR2SL) were studied. The results indicate that the hybrids of polyvoltine × bivoltine involving sex-limited bivoltine parents are on par with the hybrids of polyvoltine × bivoltine involving normal bivoltine parents. However, significant difference was noticed between hybrids of polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine. The expression of cocoon characters as a function of sex revealed that difference in cocoon yield observed in bivoltine × polyvoltine hybrids was due to the low cocoon and shell weight in females. The bivoltine hybrids involving normal bivoltine parental breeds recorded significantly higher values for majority of the characters than the hybrids involving sex-limited bivoltine parents. However, non-significant difference between the direct and their reciprocal hybrids was recorded.

The results of the present study clearly show that the sex-limited bivoltine hybrids are superior to both polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine hybrids. However, these hybrids are inferior to their normal bivoltine hybrids. The bivoltine × polyvoltine hybrids are inferior to all other hybrids.

Keywords: Silkworm hybrids, *Bombyx mori* L., normal and sex-limited bivoltine parents, quantitative traits.

INTRODUCTION

The ultimate success of identification of promising silkworm hybrids is assessed by the superiority of the commercial traits of the parental strains that appears in F1 hybrid. Hybrid vigour in silkworm has received a considerable attention because of marked effect of the yield components. It is well documented that F1 hybrids are superior to their parents in many qualitative and quantitative

* For correspondence: P4, Basic Seed Farm, Central Sericultural Research and Training Institute, B. M. Road, Devarayapatna, Kandali post, Hassan -- 573 217, India. E-mail; nmreddyabba@yahoo.co.in

characters. The superiority of the hybrids is judged by their cocoon yield and yield attributes as compared to their parents. The research work of Toyama in 1917 on the hybridization in silkworms in Japan was a landmark in the history of sericulture (Yokoyama, 1957). Later on many investigators reported the increased hybrid vigour in silkworms (Hirobe, 1957; Harada, 1961; Kobayashi, *et al.*, 1968; Subba Rao and Sahai, 1990).

Separation of females and males based on larval markings was studied by Tazima (1941) who translocated the visible marker gene from second chromosome on to W chromosome which is present in female silkworm. This was one of the remarkable advances in silkworm breeding to distinguish the sex of the silkworm either by egg colour (Tazima, 1951), larval markings (Tazima, 1941) or cocoon colour (Kimura *et al.*, 1971). In tropics, the cross breed layings (polyvoltine $\times$ bivoltine) are produced by utilizing 50% female cocoons of polyvoltines and 50% male cocoon of bivoltine parents. In the case of polyvoltine, male moths are rejected after emergence due to difficulty in separation of female and male cocoon. Similarly in the case of bivoltine, female moths are rejected and only male moths are utilized for cross breed laying production. In both the races, 50% of the cocoons are not being utilized for egg production, incurring heavy loss to the egg producers. Therefore, to prevent the loss of 50 % female cocoons in bivoltine by facilitating easy sex separation based on cocoon colour at egg production centres (yellow cocoon : female and white cocoon : male), many sex limited cocoon colour breeds were developed for effective utilization of male cocoons for production of polyvoltine $\times$ bivoltine hybrid and female cocoons are used for commercial reeling (Basavaraja, *et al.*, 2004). However, reports on utilization of sex – limited breeds for production of polyvoltine $\times$ bivoltine and bivoltine hybrids are limited. Hence, the present study on characterization of quantitative characters in silkworm hybrids involving normal and sex-limited cocoon colour bivoltine parents was undertaken.

MATERIALS AND METHODS

In the present study, the polyvoltine race Pure Mysore (PM) and four bivoltine breeds viz., CSR2 (oval type) and CSR4 (Dumbbell type) and their sex-limited cocoon colour counterparts CSR2SL and CSR4SL were utilized for preparation of polyvoltine $\times$ bivoltine, bivoltine $\times$ polyvoltine and bivoltine hybrids.

I. Polyvoltine $\times$ bivoltine hybrids:

1. PM $\times$ CSR2 (PB1)
2. PM $\times$ CSR2 SL (PB2)

II. Bivoltine $\times$ polyvoltine hybrids:

3. CSR2 $\times$ PM (PB3)
4. CSR2SL $\times$ PM (PB4)

III. Bivoltine hybrids:

1. CSR2 $\times$ CSR4 (BB1)
 2. CSR4 $\times$ CSR2 (BB2)
 3. CSR2SL $\times$ CSR4SL (BB3)
 4. CSR4SL $\times$ CSR2SL (BB4)
- (PB and BB designated hybrid name)

Composite layings consisting of about 1000 eggs taken from 20 disease free layings (about 50 eggs per disease free laying) were prepared for each hybrid and brushed. After 3rd moult, 250 larvae with three replications were counted in each composite laying and kept for rearing. The rearing was

conducted as per standard rearing techniques (Krishnaswami, 1978). The cocoon assessment was done for both the sexes by taking ten live cocoons at random for each sex. Fifty reelable cocoons from each hybrid were taken for assessment of test reeling parameters. Whereas 60 green cocoons (live) were utilized for each hybrid (20 cocoons per replication) for mono cocoon reeling to estimate the filament length, filament size and raw silk percentage as a function of sex *i.e.* female and male wise. The observations were made on various silk contributing parameters *viz.*, fecundity, larval duration, pupation rate, cocoon yield, cocoon weight, shell weight, shell percentage, filament length, raw silk percentage, filament size, reelability and neatness.

RESULTS

The data clearly show that non-significant difference between the hybrids of polyvoltine $\times$ bivoltine (PB1 and PB2) involving normal and sex-limited bivoltine parents was observed. However, significant difference ($p < 0.05$) was noticed between polyvoltine $\times$ bivoltine (PB1, PB2) and bivoltine $\times$ polyvoltine (PB3, PB4) (Table I and II). The observations also clearly indicate that significant difference ($p < 0.05$) was noticed between normal and sex-limited bivoltine hybrids. However, non-significant difference between the direct and their reciprocal hybrids was recorded (Tables III and IV).

The character wise details are given below.

Cocoon shape and colour :

The cocoon shape and colour in PB1, PB2 and PB3 are elongated oval and greenish yellow in colour, whereas in BP (CSR2 SL $\times$ PM) (where the female is sex-limited for cocoon colour), the cocoon colour is golden yellow (female) and greenish yellow (male) and shape is similar to other PB hybrids. While the cocoon shape and colour in normal bivoltine hybrids *viz.*, BB1 (CSR2 $\times$ CSR4) and BB2 (CSR4 $\times$ CSR2) are intermediate between oval and dumbbell shape and white in colour. In sex-limited bivoltine hybrids *viz.*, BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4 SL) and BB4 (CSR4SL $\times$ CSR2SL) (where the female is sex-limited for cocoon colour), the cocoon colour is golden yellow (female) and white (male) and shape is similar to other normal bivoltine hybrids.

Fecundity:

Maximum fecundity was observed when bivoltine parent was used as female component *i.e.*, bivoltine $\times$ polyvoltine hybrid over the polyvoltine $\times$ bivoltine hybrid. The hybrids, PB1 (PM $\times$ CSR2) and PB2 (PM $\times$ CSR2SL) recorded fecundity of 467 and 475 respectively, while PB3 (CSR2 $\times$ PM) and PB4 (CSR2SL $\times$ PM) recorded the fecundity of 585 and 485 respectively. Maximum fecundity (575) was observed in normal bivoltine hybrid BB1 (CSR2 $\times$ CSR4), whereas minimum (485) for this trait was observed in sex-limited bivoltine hybrid BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4 SL).

Larval duration:

Non-significant difference in V age and total larval period between hybrids was observed. However, V age and the total larval period in PB3 and PB4 were shorter by 12 and 24 hours ($p < 0.05$), respectively.

Pupation rate:

The perusal of data for pupation rate shows that there was not significant difference among all hybrids.

Table I. Qualitative and quantitative traits in polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine hybrids.

Tableau I. Caractères qualitatifs et quantitatifs des hybrides polyvoltin × bivoltin et bivoltin × polyvoltin.

Hybrid	Designated hybrid	Fecundity (no.)	Larval period		Pupation rate (%)	Cocoon yield/ 10,000 larvae (kg)	Cocoon weight (g)	Shell weight (cg)	Shell percentage %	Raw silk (%)	Filament length (m)	Filament size (d)	Reelability (%)	Neatness (p)
			Total (hrs)	V age (hrs)										
Hybride	Désignation de l'hybride	Fécondité (nbre)	Durée larvaire		Taux de nymphose (%)	Rendement en cocons / 10 000 larves (kg)	Poids du cocon (g)	Poids de la coque (cg)	Richesse soyeuse (%)	% de soie grège (%)	Longueur du filament (m)	Titre du filament (d)	Dévidabilité (%)	Netteté (p)
			Totale (hres)	Sème âge (hres)										
PM × CSR2	PB1	467	528	144	95.2	18.90	2.13	42.0	19.8	14.5	840	2.84	84.0	87.0
PM × CSR2SL	PB2	475	528	144	95.7	19.60	2.15	42.7	19.9	14.6	863	2.84	83.0	88.0
CSR2 × PM	PB3	585	504	132	94.8	17.20	1.93	36.6	19.0	14.4	779	2.74	82.0	89.0
CSR2SL × PM	PB4	485	504	132	95.2	17.60	1.97	37.7	19.1	14.1	793	2.71	83.0	87.0
CD at 5% / DC à 5 %		45.0	1.5	1.5	NS	1.28	0.10	2.04	NS	NS	24.5	0.05	NS	NS

NS: Non significant / Non significatif.

Each value mean of 5 replications ± S.E / Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions ± l'écart type.

Table II. Cocoon characters in polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine hybrids as function of sex.

Tableau II. Caractères du cocon chez les hybrides polyvoltin × bivoltin et bivoltin × polyvoltin en fonction du sexe.

Hybrid	Designated hybrid	Cocoon weight (g)		Shell weight (cg)		Shell percentage (%)		Raw silk (%)		Filament length (m)		Filament size (d)	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
Hybride	Désignation de l'hybride	Poids du cocon (g)		Poids de la coque (cg)		Richesse soyeuse (%)		Soie grège (%)		Longueur du filament (m)		Titre du filament (d)	
		Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle
PM × CSR2	PB1	2.38	1.86	44.0	40.0	18.2	21.4	13.3	15.7	875	805	2.95	2.73
PM × CSR2SL	PB2	2.42	1.88	44.2	41.2	18.3	21.8	12.5	16.7	908	818	2.96	2.72
CSR2 × PM	PB3	2.08	1.83	36.0	40.0	17.3	21.9	13.0	15.8	734	824	2.84	2.64
CSR2SL × PM	PB4	2.08	1.87	35.5	39.0	17.1	21.3	12.3	15.9	753	833	2.86	2.56
CD at 5% / DC à 5 %		0.10	NS	1.54	NS	NS	NS	NS	NS	24.5	NS	0.05	0.05

NS: Non significant / Non significatif.

Each value mean of 5 replications ± S.E / Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions ± l'écart type.

Table III. Qualitative and quantitative traits in bivoltine × bivoltine hybrids.

Tableau III. Caractères qualitatifs et quantitatifs des hybrides bivoltin × bivoltin.

Hybrid	Designated hybrid	Fecundity (no.)	Larval period		Pupa- tion rate (%)	Cocoon yield/ 10,000 larvae (kg)	Cocoon weight (g)	Shell weight (cg)	Shell percentage %	Raw silk (%)	Filament length (m)	Filament size (d)	Reela- bility (%)	Neatness (p)
			Total (hres)	V age (hres)										
Hybride	Désignation de l'hybride	Fécondité (nbre)	Durée larvaire		Taux de nymphe (%)	Rendement en cocons / 10 000 larves (kg)	Poids du cocon (g)	Poids de la coque (cg)	Richesse soyeuse (%)	% de soie grège	Longueur du filament (m)	Titre du filament (d)	Dévida- bilité (%)	Netteté (p)
			Totale (hres)	5ème âge (hres)										
CSR2 × CSR4	BB1	575	528	144	95.5	21.85	2.26	52.5	23.2	19.8	1184	2.92	86.7	94.3
CSR4 × CSR2	BB2	525	528	144	95.2	22.40	2.28	52.4	23.0	19.9	1165	2.91	86.3	94.0
CSR2SL × CSR4SL	BB3	485	528	144	96.3	20.39	2.12	46.8	22.1	18.2	1107	2.89	85.7	90.7
CSR4SL × CSR2SL	BB4	512	528	144	95.1	20.42	2.18	48.3	22.2	18.0	1122	2.89	84.7	91.0
CD at 5% / DC à 5 %			34.0	NS	NS	NS	0.49	0.11	2.53	0.45	0.64	41.3	NS	NS1.0

NS: Non significant / Non significatif.

Each value mean of 5 replications ± S.E. / Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions ± l'écart type.

Table IV. Cocoon characters in bivoltine hybrids as function of sex.

Tableau IV. Caractères du cocon chez les hybrides bivoltins en fonction du sexe.

Hybrid	Designated hybrid	Cocoon weight (g)		Shell weight (cg)		Shell percentage (%)		Raw silk (%)		Filament length (m)		Filament size (d)	
		Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male
<i>Hybride</i>	<i>Désignation de l'hybride</i>	<i>Poids du cocon (g)</i>		<i>Poids de la coque (cg)</i>		<i>Richesse soyeuse (%)</i>		<i>Soie grège (%)</i>		<i>Longueur du filament (m)</i>		<i>Titre du filament (d)</i>	
		<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Mâle</i>
CSR2 × CSR4	BB1	2.44	2.08	52.9	52.0	21.7	25.0	17.8	21.8	1109	1259	3.19	2.63
CSR4 × CSR2	BB2	2.46	2.09	53.1	51.6	21.0	24.8	18.2	21.6	1091	1239	3.19	2.59
CSR2SL × CSR4SL	BB3	2.22	2.01	44.7	50.8	19.0	25.2	16.4	20.0	1004	1211	3.15	2.59
CSR4SL × CSR2SL	BB4	2.31	2.04	45.2	51.3	19.3	25.1	16.8	20.1	1021	1224	3.18	2.60
CD at 5% / DC à 5 %		0.15	NS	3.12	NS	0.40	NS	0.64	NS	41.3	NS	NS	NS

NS: Non significant / *Non significatif*.Each value mean of 5 replications ± S.E. / *Chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions ± l'écart type.*

Cocoon yield:

Significant difference ($p < 0.05$) in cocoon yield was recorded between PB1 vs PB3 and PB2 vs PB4. The hybrids PB1 and PB2 recorded cocoon yield of 18.9 and 19.6 kg, respectively, as against 17.20 and 17.6 kg in PB3 and PB4, respectively. The bivoltine hybrids BB1 and BB2 recorded cocoon yield of 21.85 and 22.40 kg respectively as against BB3 and BB4, 20.39 and 20.42 kg respectively.

Cocoon weight:

The cocoon weight was significantly ($p < 0.05$) higher in PB1 and PB2 (2.13 and 2.15 g) than in PB3 and PB4 (1.93 and 1.97 g). As could be seen in Table II, the female cocoon weight was more in PB1 (PM $\times$ CSR2) and PB2 (PM $\times$ CSR2SL) hybrids than in PB3 (CSR2 $\times$ PM) and PB4 (CSR2SL $\times$ PM) hybrids. However, the male cocoon weight was almost similar in all hybrids. The cocoon weight was significantly ($p < 0.05$) higher in normal bivoltine hybrids BB1 and BB2 (2.26 and 2.28 g) than in sex-limited bivoltine hybrids BB3 and BB4 (2.12 and 2.18 g).

Cocoon shell weight:

The shell weight was significantly higher ($p < 0.05$) in PB1 and PB2 (42.0 and 42.7 cg) than in PB3 and PB4 (36.6 and 37.7 cg). The hybrids PB1 and PB2 yielded higher shell weight in female than in male, whereas the hybrids PB3 and PB4 hybrids recorded more shell weight in male than female. However, no significant difference was observed in male of all PB hybrids. In bivoltine hybrids, it was significantly higher ($p < 0.05$) in the normal hybrids BB1 and BB2 (52.5 and 52.4 cg) than in sex-limited hybrids BB3 and BB4 (46.8 and 48.3 cg), respectively. The normal hybrids, BB1 and BB2 yielded higher shell weight in female than in male, whereas sex-limited hybrids BB3 and BB4 recorded more shell weight in males than female.

Cocoon shell percentage and Raw silk percentage:

Both shell percentage and raw silk percentage did not differ significantly in all PB hybrids. However, in all PB hybrids the males recorded higher shell percentage and raw silk percentage than females. Moreover, these values are significantly higher ($p < 0.05$) in normal bivoltine hybrids BB1 and BB2 than in sex-limited bivoltine hybrids BB3 and BB4.

Filament length:

The filament length was significantly higher ($p < 0.05$) in PB1 (PM $\times$ CSR2) and PB2 (PM $\times$ CSR2SL) (840 and 863 m) than in PB3 (CSR2 $\times$ PM) and PB4 (CSR2SL $\times$ PM) (779 and 793 m). The PB1 and PB2 hybrids recorded longer filament length in females, whereas PB3 and PB4 hybrids recorded longer filament length in males. But the filament length in male was almost similar in all PB hybrids. Significantly higher ($p < 0.05$) values for this trait was recorded in normal bivoltine hybrids BB1 (CSR2 $\times$ CSR4) and BB2 (CSR4 $\times$ CSR2) (1184 and 1165 m) than in sex-limited bivoltine hybrids, BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4SL) and BB4 (CSR4SL $\times$ CSR2SL) (1107 and 1122 m).

Filament size (Denier):

The filament size was less in PB3 and PB4 hybrids when compared to PB1 and PB2 hybrids and non-significant difference was observed between normal and sex-limited bivoltine hybrids.

Reelability and Neatness:

The reelability and neatness did not differ significantly in all hybrids of PB. However, the neatness values were significantly higher ($p < 0.05$) in normal bivoltine hybrids BB1 and BB2 (94.3 and 94.0 p) than in sex-limited hybrids BB3 and BB4 (90.7 and 91.0 p).

DISCUSSION

Polyvoltine × bivoltine:

The data clearly show that the polyvoltine × bivoltine hybrids (PM × CSR2 and PM × CSR2SL) both involving normal and sex-limited cocoon colour bivoltine parents are almost similar for majority of characters. However, polyvoltine × bivoltine hybrids recorded higher values for the characters such as cocoon yield, cocoon weight, shell weight and filament length bivoltine × polyvoltine hybrids (CSR2 × PM and CSR2 SL × PM). This corroborates with earlier work of Benchamin *et al.* (1988). The clear advantages in bivoltine × polyvoltine was the shorter larval duration both in terms of total and V age larval duration.

The expression of cocoon characters as a function of sex revealed that hybrids of polyvoltine × bivoltine showed higher cocoon weight in females than the bivoltine × polyvoltine hybrids, whereas the cocoon weight in males was almost the same in all hybrids. Moreover, the polyvoltine × bivoltine hybrids recorded heavier shell weight and longer filament in females than in males, whereas the bivoltine × polyvoltine hybrids recorded higher shell weight and longer filament in males compared to the females. This corroborates with the earlier finding of Tazima (1988). Morohoshi (1949) demonstrated that the females in the bivoltine × polyvoltine hybrids grow fast and this has adverse effect on the expression of cocoon traits. This was also proved by Nakada (1970), who demonstrated that larval span of females is shorter than that of males in these hybrids. In the present study, it was clear that difference in cocoon yield observed in hybrids of bivoltine × polyvoltine was due to the low cocoon and shell weight in females which was in turn due to presence of early maturity genes (Lme) which are present on sex chromosome (Z). The differences reported here between polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine confirm the involvement of sex-linked genes which have previously been observed to cause differences in quantitative characters in the silkworm (Nagamoto, 1926 and 1942; Morohoshi, 1949 and Murakami and Ohtsuki, 1989).

Bivoltine hybrids:

The observations clearly indicate that significant difference ($p < 0.05$) was noticed between the hybrids involving normal and sex-limited cocoon colour bivoltine parents. The normal hybrids recorded higher values for the characters such as cocoon yield, cocoon weight, shell weight, shell percentage, raw silk percentage, filament length and neatness than sex-limited bivoltine hybrids. However, non-significant difference between the hybrids was observed when the same bivoltine parental breeds are involved. Moreover, the cocoon weight and denier are more in females than males in all hybrids of normal and sex-limited parents. While the shell percentage, raw silk and filament length are more in males than females. The shell weight was more in females than males in normal hybrids while it was less in females than males in sex-limited hybrids. In general, female cocoons have a greater cocoon and shell weight than their male counterparts, but if troubles caused by translocation are so great, the difference in weight disappears virtually, or males have a greater cocoon shell weight than females (Yamamoto, 1989). Due to hyperploidy of translocated chromosome, the cocoon shell weight of males was more than females in sex-limited for cocoon colour hybrids.

The results of the present study clearly show that the sex-limited bivoltine hybrids are superior to both polyvoltine × bivoltine and bivoltine × polyvoltine hybrids. However, these hybrids are inferior to their normal bivoltine hybrids. The hybrids of bivoltine × polyvoltine are inferior to all other hybrids.

REFERENCES

- BASAVARAJA H. K., DANDIN S. B., MAL REDDY N., SURESH KUMAR N., KALPANA G. V., JOGE P. J., KARIAPPA B. K., & YAMAGUCHI A. (2004) Sex-limited bivoltine breed "Nandi"- A boon for cross breed egg production. *Indian silk*, 43: 23-26
- BENCHAMIN K. V., JOLLY M. S., & BENJAMIN D. A. I. (1988) Studies on reciprocal crosses of multivoltine and bivoltine breeds in silkworm *Bombyx mori* L. with special reference to the use of bivoltine hybrid as a parent. *Indian J. Seric.*, 27: 27-34
- HARADA C. (1961) Heterosis of quantitative characters in the silkworm. *Bulletin of Sericultural. Experimental Station*, 17: 1-52.
- HIROBE T. (1957) An analysis made with the silkworm. *Proc. Int. Gent. Symp. Suppl.*, 357-361.
- KIMURA K., HARADA C., & AKAI H. (1971) Studies on "W" chromosome translocation in yellow blood gene in silkworm. *Jap.J.Breed.*, 21: 199-203.
- KOBAYASHI E., GAMO T., & OTSUKA T. (1968) Analysis of heterosis by means of diallel cross between different regional varieties of the silkworm. 1. Data of a pilot experiment. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 37: 144-150.
- KRISHNASWAMI S. (1978) New Technology of silkworm rearing, C.S.R and T. I., bulletin No.2, Central Silk Board, Bangalore, India. pp. 21-23.
- MOROHOSHI S. (1949) Development mechanism in *Bombyx mori*. Meibundo, Tokyo.
- MURAKAMI A. & OHTSUKI Y. (1989) Genetic studies on the tropical races of silkworm, *Bombyx mori*, with special reference to cross breeding strategy between tropical and temperate races. 1. Genetic nature of tropical multivoltine strains, Combodge. *JARAQ.*, 23: 37-45.
- NAGAMOTO T. 1926: On the sex linked inheritance of quantitative characters in silkworm *Bombyx mori*. *J. Sci. Agric. Soc.*, (281).
- NAGATOMA T. (1942) On the inheritance of voltinism in silkworm. *J. Sericult. Sci. Japan.*, 13 : 114-115.
- NAKADA T. (1970) Research on the sex linked inheritance of the cocoon weight of reciprocal crossings. *J. Fac. Agric., Hokkaido Univ.*, 56 : 348-358.
- SUBBA RAO G. & SAHAI V. (1990) Combining ability and heterosis studies in bivoltine strains of silkworm *Bombyx mori* L. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 9: 150-164.
- TAZIMA Y. (1941) A simple method of sex discrimination by means of larval markings in *Bombyx mori*. *J.Seric.Sci.Jpn.*, 12: 184-188.
- TAZIMA Y. (1951) Separation of male and female silkworm in egg stage now becomes possible. *Silk Dig. Tokyo*, 61: 1-3.
- TAZIMA Y. (1988) A view point on the improvement of Mysore breeds. Paper presented at International Congress for tropical sericulture, Bangalore, India. pp 1-5.
- YAMAMOTO T. (1989) Breeding of sex-limited yellow cocoon races of silkworms by chromosome manipulation. *Farming Japan*, 23 : 42-48.
- YOKAYAMA T. (1957) On the application of heterosis in Japanese sericulture. *Proceedings of International Genetic Symposium*, 527-531.

CARACTERISATION DES HYBRIDES DE VER A SOIE DE *BOMBYX MORI* L. IMPLIQUANT DES PARENTS BIVOLTINS NORMAUX ET LIMITES AU SEXE PAR RAPPORT AUX CARACTERES QUANTITATIFS

N. MAL REDDY^{1*}, H. K. BASAVARAJA², S. NIRMAL KUMAR³ & C. K. KAMBLE⁴

1. P4, Basic Seed Farm, Central Sericultural Research and Training Institute, Hassan 573 217, Inde.
2. Silkworm Seed Technology Laboratory, Bangalore - 560 035, Inde.
3. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore - 570 008, Inde.
4. Central Sericultural Germplasm Resources Center, Hosur - 635 109, Inde.

Cette recherche traite de la caractérisation des caractères quantitatifs chez les hybrides de ver à soie impliquant des parents bivoltins normaux et limités au sexe. On utilise la race polyvoltine, Pure Mysore (PM) et quatre parents bivoltins, c'est-à-dire CSR2 (type ovale) et CSR4 (type cintré) et leurs homologues à la couleur du cocon limitée au sexe, c'est-à-dire CSR2SL et CSR4SL. On étudie les hybrides à savoir, polyvoltin × bivoltin (PM × CSR2, PM × CSR2SL), bivoltin × polyvoltin (CSR2 × PM, CSR2SL × PM) et bivoltin × bivoltin (CSR2 × CSR4, CSR4 × CSR2, CSR2SL × CSR4SL et CSR4SL × CSR2SL). Les résultats indiquent que les hybrides de polyvoltin × bivoltin impliquant des parents bivoltins limités au sexe sont égaux aux hybrides de polyvoltin × bivoltin impliquant des parents normaux. Cependant, on remarque une différence significative entre les hybrides de polyvoltin × bivoltin et de bivoltin × polyvoltin. L'expression des caractères du cocon en fonction du sexe révèle que la différence de rendement en cocons observée chez les hybrides bivoltin × polyvoltin est due au poids faible du cocon et de la coque soyeuse chez les femelles. Les hybrides bivoltins impliquant des lignées parentales bivoltines normales enregistrent des valeurs significativement plus élevées pour la majorité des caractères que les hybrides impliquant des parents bivoltins limités au sexe. Cependant, on enregistre une différence non significative entre les hybrides directs et les croisements réciproques.

Les résultats de cette étude montrent clairement que les hybrides bivoltins limités au sexe sont supérieurs à la fois aux hybrides polyvoltin × bivoltin et bivoltin × polyvoltin. Cependant, ces hybrides sont inférieurs à leurs hybrides bivoltins normaux. Les hybrides bivoltin × polyvoltin sont inférieurs à tous les autres hybrides.

INTRODUCTION

On évalue l'identification réussie d'hybrides de ver à soie prometteurs de par la supériorité des caractères commerciaux des souches parentales qui apparaît chez l'hybride F1. La vigueur hybride chez le ver à soie a reçu une attention considérable en raison de l'effet marqué sur les composantes du rendement. Il existe beaucoup de rapports sur le fait que les hybrides F1 sont supérieurs à leurs parents pour de nombreux caractères qualitatifs et quantitatifs. On juge la supériorité des hybrides d'après leur rendement en cocons et leurs attributs de rendement par comparaison à leurs parents. Le travail de recherche de Toyama en 1917 sur l'hybridation chez les vers à soie au Japon est un tournant

* Auteur auquel adresser la correspondance : P4, Basic Seed Farm, Central Sericultural Research and Training Institute, B. M. Road Devarayapatna, Kandali post, Hassan—573 217, Inde. E-mail : nmreddyabba@yahoo.co.in

dans l'histoire de la sériciculture (Yokoyama, 1957). Plus tard, de nombreuses recherches ont rapporté l'augmentation de la vigueur hybride chez les vers à soie (Hirobe, 1957 ; Harada, 1961 ; Kobayashi et coll., 1968 ; Subba Rao et Sahai , 1990).

Tazima (1941) a étudié la séparation des femelles et des mâles d'après les marquages larvaires et a procédé à la translocation du gène marqueur visible du deuxième chromosome au chromosome W, qui est présent chez le ver à soie femelle. Cela a représenté une des avancées remarquables dans le breeding du ver à soie pour distinguer le sexe du ver à soie soit par la couleur de l'œuf (Tazima, 1951), soit par les marquages larvaires (Tazima, 1941) ou la couleur du cocon (Kimura et coll., 1971). Sous les tropiques, les pontes de croisements (polyvoltin × bivoltin) sont produites en utilisant 50 % de cocons femelles de parents polyvoltins et 50 % de cocons mâles de parents bivoltins. Dans le cas des polyvoltins, on rejette les papillons mâles après l'émergence en raison de la difficulté à séparer les cocons mâles des cocons femelles. De même, dans le cas des bivoltins, on rejette les papillons femelles et on n'utilise que les papillons mâles pour la production de pontes hybrides. Chez les deux races, 50 % des cocons ne sont pas utilisés pour la production d'œufs, ce qui entraîne de lourdes pertes pour les producteurs d'œufs. Pour éviter la perte de 50 % de cocons femelles chez les bivoltins, en facilitant une séparation facile des sexes d'après la couleur du cocon dans les centres de production d'œufs (cocon jaune : femelle et cocon blanc : mâle), de nombreuses lignées aux cocons colorés limités au sexe ont été mises au point pour une utilisation efficace des cocons mâles pour la production d'hybrides polyvoltin × bivoltin et on utilise les cocons femelles pour le dévidage commercial (Basavaraja et coll., 2004). Cependant, les rapports sur l'utilisation des lignées limitées au sexe pour la production d'hybrides polyvoltin × bivoltin et bivoltins sont limités. Cette étude sur la caractérisation des caractères quantitatifs chez les hybrides de ver à soie impliquant des parents bivoltins normaux et aux cocons colorés limités au sexe a donc été entreprise.

MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, on utilise la race polyvoltine Pure Mysore (PM) et quatre lignées bivoltines, c'est-à-dire CSR2 (type ovale) et CSR4 (type cintré) et leurs homologues aux cocons colorés limités au sexe CSR2SL et CSR4SL pour la préparation d'hybrides polyvoltin × bivoltin, bivoltin × polyvoltin et bivoltins.

I. Hybrides polyvoltins × bivoltins :

1. PM × CSR2 (PB1)
2. PM × CSR2 SL (PB2)

II. Hybrides bivoltins × polyvoltins :

3. CSR2 × PM (PB3)
4. CSR2SL × PM (PB4)

III. Hybrides bivoltins :

1. CSR2 × CSR4 (BB1)
 2. CSR4 × CSR2 (BB2)
 3. CSR2SL × CSR4SL (BB3)
 4. CSR4SL × CSR2SL (BB4)
- (On désigne les hybrides PB et BB)

On prépare des pontes composites constituées d'environ 1000 œufs chacune prises sur 20 pontes saines (environ 50 œufs par ponte saine) pour chaque hybride et on les lève. Après la 3^{ème} mue, on compte 250 larves avec trois répétitions dans chaque ponte composite et on les conserve pour

l'élevage. On procède à l'élevage d'après les techniques d'élevage standard (Krishnaswami, 1978). On évalue les cocons pour les deux sexes en prenant dix cocons vivants au hasard pour chaque sexe. Pour l'évaluation des paramètres de dévidage testés, on prend cinquante cocons dévidables de chaque hybride. Tandis qu'on prend 60 cocons frais (vivants) pour chaque hybride (20 cocons par répétition) pour le dévidage d'un cocon individuel pour estimer la longueur du filament, le titre du filament et le pourcentage de soie grège en fonction du sexe, c'est-à-dire en tant que femelle et mâle. On procède aux observations sur les différents paramètres contribuant à la soie, c'est-à-dire la fécondité, la durée larvaire, le taux de nymphose, le rendement en cocons, le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse, la longueur du filament, le % de soie grège, le titre du filament, la dévidabilité et la netteté.

RESULTATS

Les données montrent clairement qu'on observe une différence non significative entre les hybrides des polyvoltins $\times$ bivoltins (PB1 et PB2) impliquant des parents bivoltins normaux et limités au sexe. Cependant, on remarque une différence significative ($p < 0,05$) entre les polyvoltins $\times$ bivoltins (PB1, PB2) et les bivoltins $\times$ polyvoltins (PB3, PB4) (Tableaux I et II). Les observations indiquent aussi clairement qu'on remarque une différence significative ($p < 0,05$) entre les hybrides bivoltins normaux et limités au sexe. Cependant, on enregistre une différence non-significative entre les hybrides directs et réciproques (Tableaux III et IV).

Les données en fonction des caractères sont présentées ci-dessous :

Forme et couleur du cocon :

Le cocon de PB1, PB2 et PB3 est de forme ovale allongé et de couleur jaune verdâtre, tandis que chez BP (CSR2 SL $\times$ PM) (où la femelle est limitée au sexe pour la couleur du cocon), la couleur du cocon est jaune doré (femelle) et jaune verdâtre (mâle) et leur forme est similaire à celle des autres hybrides PB. Tandis que la forme du cocon chez les hybrides bivoltins normaux, c'est à dire BB1 (CSR2 $\times$ CSR4) et BB2 (CSR4 $\times$ CSR2) est intermédiaires entre ovale et cintrée et leur couleur est blanche. Chez les hybrides bivoltins limités au sexe, c'est-à-dire BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4 SL) et BB4 (CSR4SL $\times$ CSR2SL) (où la femelle est limitée au sexe pour la couleur du cocon), la couleur du cocon est jaune doré (femelle) et blanche (mâle) et la forme est similaire aux autres hybrides bivoltins normaux.

Fécondité :

On observe la fécondité maximum quand on utilise le parent bivoltin comme composant femelle, c'est-à-dire hybride bivoltin $\times$ polyvoltin par rapport à hybride polyvoltin $\times$ bivoltin. Les hybrides PB1 (PM $\times$ CSR2) et PB2 (PM $\times$ CSR2SL) enregistrent une fécondité de respectivement 467 et 475, tandis que PB3 (CSR2 $\times$ PM) et PB4 (CSR2SL $\times$ PM) enregistrent une fécondité de respectivement 585 et 485. On observe la fécondité maximum (575) chez l'hybride bivoltin normal BB1 (CSR2 $\times$ CSR4), tandis qu'on observe la valeur minimum (485) pour ce caractère chez l'hybride bivoltin limité au sexe BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4 SL).

Durée larvaire :

On observe une différence non-significative pour la durée du 5^{ème} âge et la durée larvaire totale entre les hybrides. Cependant, la durée du 5^{ème} âge et la durée larvaire totale sont plus courtes respectivement chez PB3 et PB4 de 12 et 24 heures ($p < 0,05$).

Taux de nymphose :

L'observation des données pour le taux de nymphose montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les hybrides.

Rendement en cocons :

On enregistre une différence significative ($p < 0,05$) pour le rendement en cocons entre PB1 et PB3 et entre PB2 et PB4. Les hybrides PB1 et PB2 enregistrent un rendement en cocons respectivement de 18,9 et 19,6 kg contre respectivement 17,20 et 17,6 kg chez PB3 et PB4. Les hybrides bivoltins BB1 et BB2 enregistrent un rendement en cocons de respectivement 21,85 et 22,40 kg contre respectivement 20,39 et 20,42 kg chez BB3 et BB4.

Poids du cocon :

Le poids du cocon est significativement ($p < 0,05$) plus élevé chez PB1 et PB2 (2,13 et 2,15 g) que chez PB3 et PB4 (1,93 et 1,97 g). Comme on peut le voir d'après le Tableau II, le poids du cocon femelle est plus important chez les hybrides PB1 (PM $\times$ CSR2) et PB2 (PM $\times$ CSR2SL) que chez les hybrides PB3 (CSR2 $\times$ PM) et PB4 (CSR2SL $\times$ PM). Cependant, le poids du cocon mâle est presque similaire chez tous les hybrides. Le poids du cocon est significativement ($p < 0,05$) plus élevé chez les hybrides bivoltins normaux BB1 et BB2 (2,26 et 2,28 g) que chez les hybrides bivoltins limités au sexe BB3 et BB4 (2,12 et 2,18 g).

Poids de la coque :

Le poids de la coque est significativement ($p < 0,05$) plus élevé chez PB1 et PB2 (42,0 et 42,7 eg) que chez PB3 et PB4 (36,6 et 37,7 eg). Les hybrides PB1 et PB2 donnent un poids de coque plus élevé chez la femelle que chez le mâle, tandis que les hybrides PB3 et PB4 enregistrent un poids de coque plus important chez le mâle que chez la femelle. Cependant, on n'observe pas de différence significative pour le mâle chez tous les hybrides PB. Chez les hybrides bivoltins, il est significativement plus élevé ($p < 0,05$) chez les hybrides normaux BB1 et BB2 (52,5 et 52,4 cg) que respectivement chez les hybrides limités au sexe BB3 et BB4 (46,8 et 48,3 eg). Les hybrides normaux BB1 et BB2 donnent un poids de coque plus élevé chez la femelle que chez le mâle, tandis que les hybrides limités au sexe BB3 et BB4 enregistrent un poids de coque plus élevé chez les mâles que chez les femelles.

Pourcentages de richesse soyeuse et de soie grège :

Les % de richesse soyeuse et de soie grège ne diffèrent pas de manière significative chez tous les hybrides PB. Cependant, chez tous les hybrides PB, les mâles enregistrent une richesse soyeuse et un pourcentage de soie grège plus élevés que les femelles. De plus, ces valeurs sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) chez les hybrides bivoltins normaux BB1 et BB2 que chez les hybrides bivoltins limités au sexe BB3 et BB4.

Longueur du filament :

La longueur du filament est significativement plus élevée ($p < 0,05$) chez PB1 (PM $\times$ CSR2) et PB2 (PM $\times$ CSR2SL) (840 et 863 m) que chez PB3 (CSR2 $\times$ PM) et chez PB4 (CSR2SL $\times$ PM) (779 et 793 m). Les hybrides PB1 et PB2 enregistrent une plus grande longueur de filament chez les femelles, tandis que les hybrides PB3 et PB4 enregistrent une plus grande longueur de filament chez les mâles. Mais la longueur du filament chez le mâle est presque similaire chez tous les hybrides PB. On enregistre des valeurs significativement plus élevées ($p < 0,05$) pour ce caractère chez les hybrides bivoltins normaux BB1 (CSR2 $\times$ CSR4) et BB2 (CSR4 $\times$ CSR2) (1184 et 1165 m) que chez les hybrides bivoltins limités au sexe, BB3 (CSR2SL $\times$ CSR4SL) et BB4 (CSR4SL $\times$ CSRSL) (1107 et 1122 m).

Grosseur du filament (titre) :

Le titre du filament est inférieur chez les hybrides PB3 et PB4 par comparaison aux hybrides PB1 et PB2 et on observe une différence non significative entre les hybrides bivoltins normaux et limités au sexe.

Dévidabilité et netteté :

La dévidabilité et la netteté ne diffèrent pas de manière significative chez tous les hybrides de PB. Cependant, les valeurs pour la netteté sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) chez les hybrides bivoltins normaux BB1 et BB2 (94,3 et 94,0 p) que chez les hybrides limités au sexe BB3 et BB4 (90,7 et 91,0 p).

DISCUSSION**Polyvoltin × bivoltin :**

Les données montrent clairement que les hybrides polyvoltin × bivoltin (PM × CSR2 et PM × CSR2SL) qui impliquent tous les deux des parents bivoltins normaux ou dont la couleur du cocon est limitée au sexe sont presque similaires pour la plupart des caractères. Cependant, les hybrides polyvoltins × bivoltins enregistrent des valeurs plus élevées pour les caractères tels que le rendement en cocons, le poids du cocon, le poids de la coque et la longueur du filament que les hybrides bivoltin × polyvoltin (CSR2 × PM et CSR2 SL × PM). Cela confirme les travaux précédents de Benchamin et coll., (1988). Les avantages des bivoltins × polyvoltin sont une durée larvaire plus courte à la fois en termes de durée larvaire totale et du 5^{ème} âge.

L'expression des caractères du cocon comme fonction du sexe révèle que les hybrides polyvoltin × bivoltin donnent un poids de cocon supérieur chez les femelles par comparaison aux hybrides bivoltin × polyvoltin, tandis que le poids du cocon chez le mâle est presque le même chez tous les hybrides. Par ailleurs, les hybrides polyvoltin × bivoltin enregistrent un poids de coque plus lourd et un filament plus long chez les femelles que chez les mâles, tandis que les hybrides bivoltin × polyvoltin enregistrent un poids de coque plus élevé et un filament plus long chez les mâles par comparaison aux femelles. Cela confirme les résultats antérieurs de Tazima (1988). Morohoshi (1949) a prouvé que les femelles chez les hybrides bivoltin × polyvoltin croissent rapidement et cela a un effet négatif sur l'expression des caractères du cocon. Cela a aussi été prouvé par Nakada (1970) qui a prouvé que la durée larvaire des femelles est plus courte que celle des mâles chez ces hybrides. Dans cette étude, il est clair que la différence observée pour le rendement en cocons chez les hybrides bivoltin × polyvoltin est due aux poids du cocon et de la coque plus faibles chez les femelles, qui à leur tour sont dus à la présence de gènes de maturité précoce (Lme) qui sont présents sur le chromosome sexuel (Z). Les différences rapportées ici entre les polyvoltin × bivoltin et les bivoltin × polyvoltin confirment l'implication de gènes liés au sexe qui causent des différences dans les caractères quantitatifs du ver à soie, comme on l'a déjà observé (Nagamoto, 1926 et 1942 ; Morohoshi, 1949 et Murakami et Ohtsuki, 1989).

Hybrides bivoltins :

Les observations montrent clairement qu'on remarque une différence significative ($p < 0,05$) entre les hybrides impliquant des parents bivoltins normaux et ceux dont la couleur du cocon est limitée au sexe. Les hybrides normaux enregistrent des valeurs plus élevées que les hybrides bivoltins limités au sexe pour les caractères tels que le rendement en cocons, le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse, le pourcentage de soie grège, la longueur du filament et la netteté. Cependant, on observe une différence non significative entre les hybrides quand les mêmes lignées parentales bivoltines sont impliquées. De plus, le poids du cocon et le titre sont plus importants chez les femelles que chez les mâles chez tous les hybrides de parents normaux ou limités au sexe. Alors

que la richesse soyeuse, la soie grège et la longueur du filament sont plus importantes chez les mâles que chez les femelles. Le poids de la coque est plus important chez les femelles que chez les mâles chez les hybrides normaux, tandis qu'il est moins important chez les femelles que chez les mâles chez les hybrides limités au sexe. En général, les cocons femelles ont un poids de cocon et de coque plus élevés que leurs homologues mâles, mais si les problèmes provoqués par la translocation sont très importants la différence de poids disparaît virtuellement ou bien les mâles ont un poids de cocon plus important que les femelles (Yamamoto, 1989). En raison de l'hyperploïdie du chromosome transloqué, le poids de la coque des mâles est plus important que celui des femelles chez les hybrides dont la couleur du cocon est limitée au sexe.

Les résultats de cette étude montrent clairement que les hybrides bivoltins limités au sexe sont supérieurs à la fois aux hybrides polyvoltin $\times$ bivoltin et bivoltin $\times$ polyvoltin. Cependant, ces hybrides sont inférieurs aux hybrides bivoltins normaux. Les hybrides de bivoltin $\times$ polyvoltin sont inférieurs à tous les autres hybrides.

FEEDING RESPONSE OF NEWLY HATCHED SILKWORM (*BOMBYX MORI*) LARVAE TO MULBERRY LEAVES FORTIFIED WITH *PARTHENIUM HYSTEROPHORUS* EXTRACTS

M. V. CHANDRAKALA^{1*}, PRAKASH DHARANI¹, R. R. PATIL²,
V. G. MARIBASHETTY¹, C. S. GURURAJ¹ & B. M. SEKHARAPPA¹

1. Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Bangalore – 560 062, Thalaghattapura, India.
2. Department of Entomology, University of Agricultural Sciences, Dharwad -580 005, India.

Parthenium hysterophorus plant extracts were used to fortify mulberry leaves to investigate their effect on the feeding response of young age silkworm larvae. Preliminary tests indicated that though the newly hatched larvae were attracted towards *Parthenium* leaf, they did not feed on them while they fed on mulberry sprayed with *Parthenium* leaf extract. For testing the presence of feed attracting factors, newly hatched larvae were flanked on one side with mulberry leaves sprayed with root and leaf extracts of *Parthenium* and known feed / growth stimulants, while mulberry leaves sprayed with water on the other side served as control. The number of larvae was significantly higher in the hatches treated with chlorogenic acid, β -sitosterol, morin and aqueous *Parthenium* root extracts as compared to control after 24 hours of brushing. The body weight of 48 hr old larvae was higher in hatches fed on chlorogenic acid, methanol extract of leaf and root extracts of *Parthenium*.

Keywords: *Parthenium hysterophorus* extracts, feeding response, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Utilization of plant extracts is currently drawing attention of the researchers as inexpensive sources of nutrients / growth stimulators for improving productivity in sericulture. There has been an increasing number of reports where fortification of botanicals was employed to increase the cocoon yield in *Bombyx mori* (Bohidar & Manita, 2005; Jeyapaul *et al.*, 2003; Rajeswari & Isairasu, 2004). However, before selecting a botanical fortificant source, plants have to be screened for the presence of feeding deterrents since silkworm is by and large, a monophagous insect. Some plants may also contain factors which might exert a deleterious effect even if they have nutritive or growth promoting factors. In this context, existing reports have revealed that while some plant extracts acted as phagostimulants promoting food ingestion (Patil *et al.*, 2005; Shubha & Bhaskar, 2006), a few of them had feeding deterrents for silkworms (Krishnaprasad *et al.*, 2001; Laskar & Datta, 2000; Shimizu *et al.*, 1993). *Parthenium hysterophorus* is a common weed containing phytochemicals like parthenin and phenolic acids exhibiting an allelopathic effect on other plants (Kanchan & Jayachandra, 1980). Though a report was available dealing with its application to increase the cocoon yield (Mahesha *et al.*, 1999), the effect of specific compounds and their concentrations on feeding behaviour in silkworm larvae was not examined. The present paper describes the preliminary study

* Author for correspondence

conducted to investigate the effect of administration of *Parthenium* plant extracts and a few phytochemicals on the feeding response and growth of newly hatched silkworm larvae.

MATERIALS AND METHODS

Newly hatched larvae of PM × CSR2 (multi-bivoltine hybrids) were used for the experiment in triplicates of nine batches. The brushing was carried out during August-September rearing season under recommended environmental conditions and silkworms were fed *ad libitum* 4 times per day with fresh mulberry leaves (*Morus alba*) till the end of the experiment. *Parthenium hysterophorus* were collected locally; tender leaves and roots were separated, air-dried and used for extracts either in distilled water or methanol. The stock solutions of the extracts were stored at 4° C and were diluted to 10% at the time of treatment. Pure chemicals i.e., chlorogenic acid (Merck, Germany), morin and quercetin (Sigma, USA) were dissolved in a little ethanol while β - sitosterol (Sigma, USA) was dissolved in Tween 20 and the solutions were made up to 100 ml with distilled water to make up to 0.1%, stored at 4° C till use.

To test the preference of food by newly hatched larvae, they were given the choice of mulberry leaves and *Parthenium* leaves for the first feed in one batch and cut mulberry leaves sprayed with water for control and with aqueous *Parthenium* extract (10%) in another batch. Newly hatched larvae were placed in the middle of a Petri dish flanked on one side by mulberry leaf and *Parthenium*. In another Petri dish, larvae were given a choice of mulberry leaves sprayed with water and 10% aqueous *Parthenium* leaf extract. The feeding behaviour of larvae was observed and recorded as in Figs 1-4.

The fortification of mulberry leaves was carried out daily once as 1 ml solution or extract per 10 g freshly cut mulberry leaves and offered to the larvae of respective batches after 10 minutes of spray. The newly hatched larvae were placed in the middle of a Petri dish flanked on one side by cut mulberry leaves sprayed with water as control and on the other side by the mulberry leaves sprayed with the test material. Normal feedings were given for the rest of the day to all the batches. The number of larvae on the leaves each side was counted after 6 & 24 hours and their body weights were recorded after 48 hours. The data were statistically analysed employing ANOVA test and presented in Table I.

RESULTS AND DISCUSSION

In the preliminary feeding response test involving newly hatched larvae with the mulberry leaves and *Parthenium* leaves, the observations clearly indicated that though the larvae moved towards *Parthenium* leaves, there was no feeding action as shown in Fig. 1-2. This observation reveals that *Parthenium* plant possesses some attractant factors which make silkworms move towards it, though they do not feed on the leaves. It is known that silkworms rely on the attracting, biting and swallowing factors and phago-stimulants in the feed in order to ingest continuously (Hamamura, 2001). The results of feeding response test indicated the presence of some feeding inhibitors / deterrent or lack of biting factors in *Parthenium* leaves, since silkworms were not able to bite them. However, when tested with mulberry leaves sprayed with distilled water and *Parthenium* leaf extract, larvae travelled towards both and fed on them (Figs. 3-4). The aqueous extract obviously lacks the feeding deterrent action on silkworm larvae. There are some reports where the application of some botanicals had feeding inhibitory action even when extracts were used. In one study, feeding on mulberry leaves sprayed with petroleum ether extract of *Ageratum conizoides* at 0.20, 1.0 and 2.0 percent concentration resulted in larval mortality due to repellent effect and not due to toxicity (Laskar and Datta, 2000). Shimizu *et al.*, (1993) observed that glycosides isolated from royal fern *Osmunda japonica* elicited a feeding deterrent response in fifth instar silkworm larvae. However, the aqueous *Parthenium* extracts can serve as fortificant to be applied in silkworm rearing, as they do not contain any feeding deterrents as evident from the observations recorded in the present study.



Fig. 1. Newly hatched larvae at the center with mulberry leaf (left) and *Parthenium* (right) .

Fig. 1. Larves venant d'éclore au centre avec de la feuille de mûrier (à gauche) et de la feuille de Parthenium (à droite).



Fig. 2. Newly hatched larvae feeding on mulberry leaf (left) and attracted by *Parthenium* leaf but not feeding (right).

Fig. 2. Larves venant d'éclore se nourrissant sur de la feuille de mûrier (à gauche) et attirées par la feuille de Parthenium, mais ne se nourrissant pas (à droite).



Fig. 3. Larvae at the center with mulberry leaf sprayed with water (left) and *Parthenium* leaf extract (right).

Fig. 3. Larves au centre avec de la feuille de mûrier vaporisée avec de l'eau (à gauche) et avec de l'extrait de feuille de Parthenium (à droite).



Fig. 4. Larvae feeding on mulberry leaves sprayed with water (left) as well as *Parthenium* extract (right).

Fig. 4. Larves se nourrissant sur des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau (à gauche) ainsi qu'avec de l'extrait de Parthenium (à droite).

Figs. 1-4. Test for feeding behaviour of silkworm larvae on *Parthenium* leaves and *Parthenium* leaf extract.

Figs. 1-4. Test du comportement alimentaire des larves de ver à soie sur des feuilles de Parthenium et sur de l'extrait de feuille de Parthenium.

Table I. Number and body weights of larvae on mulberry leaves sprayed with the test compound / extract vis-à-vis mulberry leaf.**Tableau I. Nombre et poids des larves sur les feuilles de mûrier vaporisées avec les composés / les extraits testés par rapport à la feuille de mûrier.**

Sl No.	Treatment	No. of larvae (%) on treated mulberry leaf	Larval wt. 48 hrs after brushing (g) (100 L)
No. d'ordre	Traitement	Nbre de larves (%) sur de la feuille de mûrier traitée	Poids de la larve 48 h après la levée (g) (100 L)
1	Chlorogenic acid (0.1%) <i>Acide chlorogénique (0.1 %)</i>	79.23**	0.471**
2	β -sitosterol (0.1 %)	68.64**	0.343 ^{NS}
3	Morin (0.1%)	64.44**	0.404 ^{NS}
4	Quercetin (0.1%)	41.07 ^{NS}	0.381 ^{NS}
5	Aqueous extract of <i>Parthenium</i> leaf (10%) <i>Extrait aqueux de feuille de Parthenium (10 %)</i>	38.87 ^{NS}	0.322 ^{NS}
6	Methanol extract of <i>Parthenium</i> leaf (10 %) <i>Extrait méthanol de feuille de Parthenium (10 %)</i>	37.36 ^{NS}	0.484**
7	Aqueous extract of <i>Parthenium</i> root (10 %) <i>Extrait aqueux de racine de Parthenium (10 %)</i>	76.03**	0.455**
8	Methanol extract of <i>Parthenium</i> root (10 %) <i>Extrait méthanol de racine de Parthenium</i>	44.7 ^{NS}	0.450**
9	Control: dist. Water / <i>Témoin : eau distillée</i>	30.93	0.356
	F test	HS	HS
	CD @ 5%	18.26	0.06
	CD @1%	24.68	0.08

HS ** Highly significant / *Très significatif*. **NS** Not significant, when compared to control. / *Non significatif, par comparaison au témoin.*

The observations on the response of newly hatched larvae to the plant components, another test was conducted wherein larvae were flanked with mulberry leaves sprayed with distilled water (control) and treated with either aqueous and methanol extracts of *Parthenium* or pure phytochemicals. The number of larvae which settled on leaves treated with chlorogenic acid, β -sitosterol, morin and aqueous *Parthenium* root extract was significantly higher and ranged from 64 to 79% when compared to the untreated mulberry leaves (control) where only 31% of larvae were found feeding after 24 hours of brushing (Table I). It is well known that morin and β -sitosterol are among the biting factors for silkworms (Hamamura, 2001). The larvae were also attracted by and found to be feeding on the aqueous extract from *Parthenium* roots. The larvae could have been influenced by the added components, which augmented the factors present in mulberry leaves. This response was highlighted by the observations on their body weights (Table I). The larval weights were significantly higher (ranged from 0.450 to 0.484 g) in the batches fortified with chlorogenic acid, methanol extract of *Parthenium* leaf, aqueous and methanol extract of the root, respectively. This observation indicates that the components present in *Parthenium* have elicited a positive feeding response from the newly hatched silkworm larvae. The results support the earlier reports wherein vigorous growth and high efficiency of feeding was observed in silkworms when mulberry leaves were fortified with *Parthenium hysterophorus* leaf extracts at certain concentration (Mahesha *et al.*, 1998 ; Patil *et al.*, 2005). The increased food intake by silkworms treated with other plant extracts was observed by many workers, suggesting the presence of phagostimulants (Shubha & Bhaskar, 2006 ; Rajeswari & Isaarasu, 2004 ; Jeyapaul *et al.*, 2003). The newly hatched silkworms have reacted well to aqueous extracts of *Parthenium* with respect to feeding response as well as biomass accumulation that are worth studying further till spinning stage. Though methanol extracts were not attractive as the number of larvae collected initially was less, the larvae fed on them subsequently well enough to accumulate higher biomass. This result has given clues about the utilization of *Parthenium* plant parts and method of extraction to obtain maximum benefit in respect of cocoon yield. Further, biochemical analysis of the different fractions of *Parthenium* extracts and their bioassay are under progress.

ACKNOWLEDGEMENT

Authors are indebted to the Department of Biotechnology, Govt. of India, New Delhi, for the grant sanctioned and the Director, KSSRDI for extending all the facilities required for the study.

REFERENCES

- BOHIDAR K. & MANITA C. (2005) Effect of some indigenous plant leaf extracts on the economic characters of mulberry silkworm *Bombyx mori* L. Indian J. Entomol., 67, 238-240.
- HAMAMURA Y. (2001) Silkworm rearing on artificial diet (translated from Japanese) Oxford IBH Publ., New Delhi, pp 3-68.
- JEYAPPAUL C., PADMALATHA C., RANJIT SINGH A. J. A., MURUGESAN A. G. & DHASARATHAN P. (2003) Effect of plant extracts on nutritional efficiency in mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 42, 128-131.
- KANCHAN S. D. & JAYACHANDRA (1980) Allelopathic effect of *Parthenium hysterophorus* L. Part IV. Identification of inhibitors. Plant & Soil, 55, 67-75.
- KRISHNAPRASAD N. K., SANNAPPA B., RESHMA T. K. & PRASAD P.K.K. (2001) Effect of Solanaceous leaf extracts on growth, development and cocoon traits of PM $\times$ NB₄D₂ silkworm (*Bombyx mori* L.). Bull. Indian Acad. Seri., 5, 42-47.
- LASKAR N. & DATTA M. (2000) Deterrent effect of petroleum ether extract of *Ageratum conyzoides* on larva of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. race-Nistari. J. Ineteracademia 4, 570-572.

- MAHESHA H. M., PATIL R. R. & RAYAR S. G. (1999) Effect of aqueous extracts of few botanicals with special reference to weeds on *Bombyx mori* L. XVIII ISC Congr., pp 114-121.
- PATIL R. R., CHANDRAKALA M. V., SÜKUMAR J., CHANNAL H. T., KUSUGAL S. & GANGA ANKAD (2005) Utilization of *Parthenium* in silkworm rearing ; in Proceedings of II International Conference on Parthenium management, pp. 205-207, GKVK, Bangalore.
- RAJESWARI K. & ISAIARASU L. (2004) Influence of the leaf, flower and pod extracts of *Moringa oleifera* on the growth and reproductive parameters of *Bombyx mori* L. Entomon, 29, 331-338.
- SHIMIZU T., YAZAWA M., HIRAO T. & ARAI N. (1993) Responses of maxillary *Sensilla styloconica* in *Bombyx mori* L. to glucosides from *Osmunda japonica*, a non-host plant. J. Chem. Ecol., 19, 2501-2512.
- SHUBHA K. & BHASKAR R. N. (2006) Effect of botanical treatment duration on cocoon parameters of PM $\times$ CSR2. Environ. Ecol., 24, 667-669.

REPONSE DE LARVES DE VER A SOIE (*BOMBYX MORI*) VENANT D'ECLURE A L'ALIMENTATION AVEC DES FEUILLES DE MÛRIER FORTIFIEES AVEC DES EXTRAITS DE *PARTHENIUM HYSTEROPHORUS*

M. V. CHANDRAKALA^{1*}, PRAKASH DHARANI¹, R. R. PATIL²,
V. G. MARIBASHETTY¹, C. S. GURURAJ¹ & B. M. SEKHARAPPA¹

1. Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Bangalore 560 062, Thalaghattapura, Inde.
2. Department of Entomology, University of Agricultural Sciences, Dharwad – 580 005, Inde.

On utilise les extraits de plante de *Parthenium hysterophorus* pour fortifier les feuilles de mûrier afin d'étudier leur effet sur la réponse alimentaire des jeunes larves du ver à soie. Les premiers tests indiquent que, bien que les larves venant d'éclure soient attirées par la feuille de *Parthenium*, elles ne s'en nourrissent pas, tandis qu'elles se nourrissent sur du mûrier vaporisé avec de l'extrait de feuille de *Parthenium*. Pour tester la présence de facteurs attractants pour l'alimentation, on place des larves venant d'éclure à côté de feuilles de mûrier vaporisées avec des extraits de racine et de feuilles de *Parthenium*, à côté de feuilles vaporisées avec des stimulants de croissance / de l'alimentation connus et de feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau servant de témoin, de l'autre côté. Le nombre de larves est significativement plus élevé chez les lots traités avec de l'acide chlorogénique, du β -sitostérol, du morin et des extraits aqueux de racine de *Parthenium* par comparaison au témoin 24 heures après la levée. Le poids des larves âgées de 48 heures est plus élevé chez les lots nourris sur de l'acide chlorogénique, de l'extrait méthanol de la feuille et des extraits de racine de *Parthenium*.

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, les extraits de plante attirent l'attention des chercheurs en tant que sources de nutriments / de stimulants de croissance bon marché pour améliorer la productivité de la sériculture. Il existe de plus en plus de rapports où on emploie la fortification avec des substances botaniques pour augmenter le rendement en cocons chez *Bombyx mori* (Bohidar & Manita, 2005 ; Jeyapaul et coll., 2003 ; Rajeswari et Isairasu, 2004). Cependant, avant de sélectionner une source de fortifiant botanique, on a évalué les plantes par rapport à la présence de dissuasifs alimentaires, puisque le ver à soie est généralement parlant un insecte monophage. Certaines plantes pourraient aussi contenir des facteurs qui pourraient exercer un effet néfaste, même si elles contiennent des facteurs nutritifs ou promoteurs de croissance. Dans ce cadre, les rapports qui existent ont révélé, qu'alors que certains extraits de plantes agissent comme des phagostimulants qui promeuvent l'ingestion de nourriture (Patil et coll., 2005 ; Shubha & Bhaskar, 2006), quelques uns d'entre eux contiennent des dissuasifs alimentaires pour les vers à soie (Krishnaprasad et coll., 2001 ; Laskar & Datta, 2000 ; Shimizu et coll., 1993). *Parthenium hysterophorus* est une mauvaise herbe courante qui contient des substances phyto-chimiques telles que les acides parthénique et phénolique, qui présentent un effet allélopathique sur d'autres plantes (Kanchan et Jayachandra, 1980). Bien qu'il existe un rapport qui traite de son

* Auteur auquel adresser la correspondance

application pour augmenter le rendement en cocons (Mahesha et coll., 1999), l'effet des composants spécifiques et de leurs concentrations sur le comportement alimentaire des larves de vers à soie n'a pas été examiné. Cet article décrit l'étude préliminaire réalisée pour étudier l'effet de l'administration d'extraits de la plante *Parthenium* et de quelques substances phyto-chimiques sur la réponse alimentaire et sur la croissance des larves de ver à soie venant d'éclore.

MATERIELS ET METHODES

Pour l'expérience, on utilise neuf lots de larves de PM × CSR2 venant d'éclore (hybrides multi-bivoltins) en trois répétitions. On procède à la levée pendant la saison d'élevage d'août-septembre dans les conditions environnementales recommandées et on nourrit les vers à soie *ad libitum* 4 fois par jour avec des feuilles de mûrier fraîches (*Morus alba*), jusqu'à la fin de l'expérience. On cueille *Parthenium hysterophorus* localement, on sépare les feuilles tendres et les racines, on les sèche à l'air et on les utilise pour leurs extraits soit dans de l'eau distillée soit dans du méthanol. On stocke les solutions mères des extraits à 4° C et on les dilue à 10 % au moment du traitement. On dissout les substances chimiques pures, c'est-à-dire l'acide chlorogénique (Merck, Allemagne), le morin, la quercétine (Sigma, USA) dans un peu d'éthanol, tandis qu'on dissout le β -sitostérol (Sigma, USA) dans du Tween 20, on complète les solutions jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée pour atteindre 0,1 % et on les stocke à 4° C jusqu'à utilisation.

Pour tester la préférence des larves venant d'éclore en matière de nourriture, on leur donne le choix entre des feuilles de mûrier et des feuilles de *Parthenium* pour le premier repas dans un lot et entre des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau (témoin) et avec de l'extrait aqueux de *Parthenium* (10 %) dans un autre lot. On place les larves venant d'éclore au milieu d'une boîte de Petri flanquées sur un côté par de la feuille de mûrier et de *Parthenium*. Dans une autre boîte Petri, on donne aux larves le choix entre des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau et avec de l'extrait de feuille de *Parthenium* à 10 %. On observe et on enregistre le comportement alimentaire des larves dans les Figs. 1 à 4.

On procède à la fortification des feuilles de mûrier une fois par jour à raison de 1 ml de solution ou d'extrait pour 10 g de feuilles de mûrier venant d'être coupées et on les offre aux larves des lots respectifs 10 minutes après la vaporisation. On place les larves qui viennent d'éclore au milieu d'une boîte de Petri avec d'un côté des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau comme témoin et de l'autre côté des feuilles de mûrier vaporisées avec le matériel testé. On procède à une alimentation normale de tous les lots pendant le reste de la journée. On compte le nombre de larves sur les feuilles de chaque côté au bout de 6 et 24 heures et on enregistre leur poids au bout de 48 heures. On analyse les données statistiquement en employant le test ANOVA (Tableau I).

RESULTATS ET DISCUSSION

Dans le premier test concernant la réponse alimentaire de larves venant d'éclore avec des feuilles de mûrier et avec des feuilles de *Parthenium* les observations indiquent clairement que, bien que les larves se déplacent vers les feuilles de *Parthenium*, il n'y a pas d'action d'alimentation, comme le montrent les Figs 1 à 2. Cette observation révèle que la plante *Parthenium* possède des facteurs attirants qui font que les vers à soie se déplacent vers elle, bien qu'ils ne se nourrissent pas sur ses feuilles. On sait que les vers à soie dépendent des facteurs d'attraction, de morsure, d'avalé et de phago-stimulants de la nourriture pour ingérer continuellement (Hamamura, 2001). Les résultats du test de réponse alimentaire indiquent la présence de certains inhibiteurs / dissuasifs alimentaires ou de l'absence de facteurs de morsure chez les feuilles de *Parthenium*, puisque les vers à soie ne sont pas capables de les mordre. Cependant, quand on teste les larves avec des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau distillée et avec de l'extrait de feuille de *Parthenium*, les larves se déplacent

vers les deux et s'en nourrissent (Figs 3-4). A l'évidence, l'extrait aqueux n'a pas d'action de dissuasion de l'alimentation chez les larves de vers à soie. Il existe certains rapports où l'application de substances botaniques présente une action d'inhibition de l'alimentation, même quand on utilise des extraits. Dans une étude, l'alimentation avec des feuilles de mûrier vaporisées avec un extrait d'éther de pétrole d'*Ageratum conyzoides* à une concentration de 0,20 ; 1,0 et 2,0 % entraîne une mortalité larvaire à cause de l'effet répulsif et non en raison de la toxicité (Laskar et Datta, 2000). Shimizu et coll., (1993) ont observé que les glycosides isolés sur la fougère royale *Osmunda japonica* ont entraîné une réponse de dissuasion alimentaire chez les larves de ver à soie du 5^{ème} âge. Cependant, les extraits aqueux de *Parthenium* peuvent servir de fortifiant à utiliser dans l'élevage du ver à soie, puisqu'ils ne contiennent pas de dissuasif alimentaire, comme le prouvent les observations enregistrées dans cette étude.

Pour observer la réponse des larves venant d'éclore aux composants de la plante, on a réalisé un autre test où on place des larves avec des feuilles de mûrier vaporisées avec de l'eau distillée (témoin) et traitées avec des extraits aqueux et méthanol de *Parthenium* ou avec des substances phyto-chimiques pures. Le nombre de larves qui s'établissent sur les feuilles traitées avec de l'acide chlorogénique, du β -sitostérol, du morin et de l'extrait aqueux de racine de *Parthenium* est significativement plus élevé et est compris entre 64 à 79 %, par comparaison aux feuilles de mûrier non traitées (témoin) où on ne trouve que 31 % des larves qui s'alimentent après 24 heures de levée (Tableau I). Il est de notoriété que le morin et le β -sitostérol font partie des facteurs de morsure pour les vers à soie (Hamamura, 2001). Les larves sont aussi attirées et s'avèrent se nourrir sur l'extrait aqueux des racines de *Parthenium*. Il se pourrait que les larves aient été influencées par les composants ajoutés, qui augmentent les facteurs présents dans les feuilles de mûrier. Cette réponse est mise en évidence par les observations sur leurs poids corporels (Tableau I). Les poids larvaires sont significativement plus élevés (compris entre 0,450 et 0,484 g) chez les lots fortifiés respectivement avec de l'acide chlorogénique, de l'extrait méthanol de feuille de *Parthenium*, de l'extrait aqueux et méthanol de racine. Ces observations indiquent que les composants présents dans *Parthenium* ont suscité une réponse alimentaire positive des larves de vers à soie venant d'éclore. Les résultats confirment les rapports antérieurs qui ont observé une croissance vigoureuse et une efficacité élevée de l'alimentation chez les vers à soie, quand on fortifie les feuilles de mûrier avec des extraits de feuille de *Parthenium hysterophorus* à une certaine concentration (Mahesha et coll., 1998 ; Patil et coll., 2005). De nombreux chercheurs ont observé l'augmentation de l'absorption de nourriture chez les vers à soie traités avec d'autres extraits de plantes, ce qui suggère la présence de phagostimulants (Shubha & Bhaskar, 2006 ; Rajeswari & Isaiarasu, 2004 ; Jeyapaul et coll., 2003). Les vers à soie venant d'éclore ont bien réagi aux extraits aqueux de *Parthenium* concernant leur réponse alimentaire et leur accumulation de biomasse, qu'il faudrait étudier plus en détail jusqu'au stade du filage. Bien que les extraits méthanol ne soient pas attractifs puisque le nombre de larves recueillies au début est moins important, par la suite, les larves s'en nourrissent relativement bien pour accumuler une biomasse plus élevée. Ces résultats donnent des pistes sur l'utilisation des parties de la plante *Parthenium* et sur la méthode d'extraction pour en tirer un bénéfice maximum en termes de rendement en cocons. Par ailleurs, l'analyse biochimique des différentes fractions des extraits de *Parthenium* et leur évaluation biologique sont en cours.

BIOTECHNOLOGICAL IMPORTANCE OF COCOON MAGNETIZATION WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE REPRODUCTIVE POTENTIAL OF MULTIVOLTINE MULBERRY SILKWORM (*BOMBYX MORI* LINN.)

V. B. UPADHYAY & S. PRASAD

Silkworm laboratory, Department of Zoology, D.D.U. Gorakhpur University Gorakhpur-273009, India.

The application of magnetic field on Bombyx mori cocoon has been proved to be of biotechnological significance in the sericulture industry. Variation in the magnetic exposure duration significantly ($P < 0.025$) influenced the reproductive potential of Bombyx mori in terms of fecundity, incubation period of eggs and hatchability of eggs. The fecundity and hatchability increased with the increasing exposure duration of cocoon from 24 to 96 hours in 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetic field. The incubation period of eggs decreased with the increase in exposure duration of cocoons from 24 to 96 hours in case of 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetic field. The maximum level of fecundity (462.76 ± 1.22 eggs) and hatchability ($96.89 \pm 0.64\%$) was noticed in case of 0.3 tesla – 72 hours exposed cocoons. The minimum incubation period (7.50 ± 0.68 days) was recorded in case of 0.3 tesla - 72 hours exposed cocoons showing good development of eggs. The bio-magnetic interactions, if applied tactfully, may be useful for boosting up the sericulture industry as well as the economy of silkworm rearing.

Keywords: Cocoon magnetization, Reproductive potential, exposure duration, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Nistari is a resistant variety of multivoltine mulberry silkworm (*Bombyx mori* Linn.) which contributes up to a great extent in the commercial production of cocoon in India. The fecundity of moths, hatchability of eggs and incubation period of eggs are the most important factors which influence the production of cocoon on commercial scale. Efforts are being made to evolve new technologies that are effective, labour saving and eco-friendly in order to increase the production of silk. Attempts have been made to study the effect of temperature (Upadhyay and Mishra, 1991), relative humidity (Mishra and Upadhyay, 1992), photoperiod (Mishra and Upadhyay, 1993), artificial diet (Iwanvat and Ono, 1969), X-rays (Kanarev and Cham, 1985) etc on the performance of silkworm. The magnetization of silkworm larvae also influences the performance of silkworm (Chaugle and More, 1992). The magnetization of eggs influences silk producing potential (Upadhyay and Tripathi, 2006) and incubation period of eggs (Tripathi and Upadhyay, 2005). The magnetic field influences the hormone and insulin level in rat (Udinsteve and Moroz, 1982) and the rate of beta-galactosidase synthesis in bacteria (Arholt *et al.*, 1982). Nowadays biotechnology has become a leading field of scientific researches which are directly concerned with the life quality of human beings. It is hypothesized that if the cocoon of *B. mori* are exposed to different magnetic strength, there may be some beneficial effects on the life pattern of silkworm and the productivity of cocoons. Keeping this in view, an attempt has been made to investigate the bio-magnetic effect of cocoon magnetization on the fecundity of moths, hatchability of eggs and incubation period of eggs in multivoltine mulberry silkworm (*B. mori*). This investigative study may be helpful in devising the biotechnological

application of magnetic field for the heavy production of silkworm cocoon as well as new magnification in the field of biophysics.

MATERIALS AND METHODS

The seed cocoons of multivoltine mulberry silkworm (*B. mori* Nistari) were obtained from the silkworm grainage Beharich, Directorate of sericulture Uttar Pradesh, and were maintained in the plywood trays (23 × 20 × 5 cm) under the ideal rearing conditions (Krishnaswami *et al.*, 1973) in the silkworm laboratory. The temperature and relative humidity were maintained in the BOD (Biological Oxygen Demand) incubator at $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $80 \pm 5\%$ RH respectively until the emergence of moths from the seed cocoons. The newly emerged moths were quickly picked up and kept sex-wise in separate trays to avoid copulation. The whole grainage operation was performed as per description given by Krishnaswami *et al.*, (1973) and eggs were obtained.

After hatching, the larvae were reared on the mulberry leaves given as food in the trays. After completion of 5th instar, the ripe worms ceased feeding and were ready for spinning. Small mountages were provided to the ripe worms and thus, a sufficient number of cocoons were obtained from the silkworm larvae reared in the laboratory. Further, the cocoons were taken for magnetic exposure.

Experimental design:

To observe the influence of magnetic field on the reproductive potential of *B. mori*, the cocoons, thus obtained were kept in the static magnetic field. The magnets of 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla were used separately for the bio-magnetization of silkworm cocoons. The cocoons were magnetized for 24, 48, 72 and 96 hours separately with the magnet of each strength. The cocoons were kept for magnetization just after the 3rd day from spinning. The control set of experiment i.e no magnetization of cocoons was also arranged. For the purpose of magnetization, initially 360 cocoons were kept in the magnetic field range of 0.1 tesla of which 90 cocoons were released after 24 hours of magnetic exposure. Further, groups of 90 magnetized cocoons were released each after 48, 72 and 96 hours of exposure to the static magnetic field of 0.1 tesla. These four groups of magnetized cocoons were separately transferred to the BOD incubator continuously, maintained at $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $80 \pm 5\%$ RH and 12 $\pm$ 1 hours photoperiod a day. Further, the incubation of exposed cocoons and the rearing of the different stages of silkworm were performed in the same BOD incubator. All the parameters of observations in the present study, were determined from the respective stages obtained from the magnetized cocoons.

Fecundity:

In order to determine the fecundity, 15 layings (three batches of 5 layings in each batch) were taken for each replicate. Thus, average of the five layings were taken as representative numbers of eggs per laying laid by a female moth in case of each set of experiment.

Incubation period:

In order to determine the effect of cocoon magnetization on the incubation period of silkworm eggs, the time required for the incubation before the hatching of larvae was calculated for each set of experiment separately. The incubation period was calculated from 8 pm on the day of decoupling. Three replicates of ten layings, in each replicate were made.

Hatchability:

For determining the per cent hatching, 30 layings (three batches of 10 layings in each batch) were counted for each replicate. Three replicates of each experiment were made.

$$\text{Hatchability} = \frac{\text{No. of eggs hatched}}{\text{No. of eggs fertilized}} \times 100$$

All the obtained data were analysed statistically by two-way ANOVA, Post-hoc test and Regression analysis.

RESULTS

Fecundity:

The data given in Table Ia clearly indicates that variation in the static magnetic field and exposure duration of *B. mori* cocoons influenced the fecundity of moths. With the increasing exposure duration of cocoons in the static magnetic field of 0.1 tesla, the egg laying ability of *B. mori* moth increased slowly and reached the level of 419.77 ± 1.72 in the moths obtained from 96 hours exposed cocoons. In case of the cocoons exposed for 24 hours in 0.2 tesla magnetic field, the rate of increase in the egg laying ability was very high (401.52 ± 0.58 eggs) which further increased slowly and slowly with the increasing exposure duration above 24 hours and reached the higher level of 443.33 ± 1.52 eggs in the moths obtained from 96 hours exposed cocoons. Almost similar trend of increase in the rate of fecundity of moths, obtained from 24 hours exposed eggs in the static magnetic field of 0.3 tesla was noticed which reached to the maximum level of 462.76 ± 1.22 in case of the cocoons exposed for 72 hours. When the cocoons were exposed to high intensity static magnetic field of 0.4 tesla, the variation in the trend on the bio effect, with the exposure duration, was noticed to be changed and the level of fecundity started declining with the increasing exposure duration of cocoons above 24 hours which reached to the lowest level of 321.66 ± 0.71 eggs in case of 96 hours exposed cocoons. It is clear that the rate of increase in the fecundity of moths, obtained from 24 hours exposed cocoons, increased with the increasing strength of magnetic field from 0.1 to 0.3 tesla while above this magnetic strength i.e. at 0.4 tesla, the rate of increase in the fecundity declined with the increasing exposure duration. Almost, similar were the trends of fecundity variation with the eggs exposed to various strength of magnetic field for 48 and 96 hours. The maximum level of the fecundity of moth was noticed to be 462 ± 1.22 eggs when cocoons were exposed to the static magnetic field of 0.3 tesla for 72 hours. Two-way ANOVA indicates that variation in the magnetic strength significantly ($P_1 < 0.025$) influenced the fecundity of *Bombyx mori* moth while exposure duration has no significant influence on fecundity. The post-hoc Test (Table Ib) indicates significant group difference in the fecundity of moth between control and 0.3 tesla and 0.3 and 0.4 tesla in case of 72 hour exposed cocoons. In case of 96 hours exposed cocoons, the significant group difference in the fecundity was noticed between 0.1 and 0.4 tesla, 0.2 and 0.4 tesla and 0.3 and 0.4 tesla exposure of magnetic strength. In case of 24 and 48 hours exposed cocoons, the variation in magnetic strength did not cause any significant group difference.

The relation between variation in the fecundity of moths (Y) i.e. dependent variable and exposure duration for cocoon treatment (X) i.e. independent variable yielded significant regression and positive correlation coefficient i.e. $Y_1 = 382.05 + 0.4185X$ and $r_1 = 0.9761$, $Y_2 = 388.85 + 0.5823X$ and $r_2 = 0.9962$, $Y_3 = 407.13 + 0.5613X$ and $r_3 = 0.8180$, while in case of 0.4 tesla treated cocoons significant negative regression and negative correlation coefficient was observed i.e. $Y_4 = 465.93 + (-1.4111)X$ and $r_4 = -0.9630$.

Incubation period:

The data given in Table IIa clearly indicate that change in the static magnetic field and exposure duration, influenced the incubation period of *B. mori* eggs.

Table 1 a. Effect of cocoon magnetization on the fecundity of *Bombyx mori*.**Tableau 1 a. Effet de la magnétisation des cocons sur la fécondité de *Bombyx mori*.**

Exposure duration (hours)	Magnetic field (tesla)					F ₁ -ratio n ₁ = 4
	Control (X ₁)	0.1 (X ₂)	0.2 (X ₃)	0.3 (X ₄)	0.4 (X ₅)	
Durée d'exposition (heures)	Champ magnétique (tesla)					
	Témoin (X ₁)	0,1 (X ₂)	0,2 (X ₃)	0,3 (X ₄)	0,4 (X ₅)	
24	374.22 ± 0.80 (100)	389.55 ± 1.22 (104.09)	401.52 ± 0.58 (107.29)	412.62 ± 0.70 (110.26)	420.55 ± 1.10 (112.38)	
48	374.22 ± 0.80 (100)	404.77 ± 5.26 (108.16)	417.99 ± 3.96 (111.69)	438.46 ± 1.29 (117.16)	412.42 ± 0.88 (110.20)	4.40*
72	374.22 ± 0.80 (100)	414.55 ± 1.15 (110.77)	432.33 ± 1.38 (115.52)	462.76 ± 1.22 (123.65)	370.42 ± 1.32 (98.98)	
96	374.22 ± 0.80 (100)	419.77 ± 1.72 (112.17)	443.33 ± 1.52 (118.46)	449.43 ± 0.78 (120.09)	321.66 ± 0.71 (85.95)	

F₂-ratio = 0.218**n₂ = 3*P₁ < 0.025 (Variable-1 = Magnetic field) / * P₁ < 0.025 (Variable 1 = champ magnétique)

Non Significant (Variable-2 = Exposure duration) / ** Non significatif (Variable 2 = durée d'exposition).

Each value represents mean ± S.E. of three replicates / Chaque valeur représente la moyenne ± l'écart type de trois répétitions.

X₁, X₂, X₃, X₄ and X₅ are the mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field / X₁, X₂, X₃, X₄ et X₅ sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin et avec 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 tesla de champ magnétique.

Figures in parentheses indicate per cent value when control was taken as 100% / Les chiffres entre parenthèses indiquent la valeur en pourcentage, quand le témoin représente 100 %.

In 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons, the incubation period of eggs decreased slowly and slowly and reached the level of 8.14 ± 0.60 ; 7.92 ± 0.59 and 7.66 ± 0.69 days respectively after magnetization of cocoons for 96 hours. In 0.4 tesla magnetized cocoons for 24 hours the incubation period of eggs declined to the level of 8.32 ± 0.45 days which further increased slowly and reached to 9.52 ± 0.70 days after 96 hours exposure of cocoons. Thus, the trend of variation in the incubation period of eggs in 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons is almost of similar pattern. The minimum level of incubation period of eggs was noticed to be 7.50 ± 0.68 days in 0.3 tesla magnetized cocoons exposed for 72-hours. Two-way ANOVA indicates that variation in the strength of magnetic field caused a significant ($P_1 < 0.025$) influence on the incubation period of eggs, while variation in the exposure duration did not cause any significant effect. The Post-hoc Test (Table IIb) shows a significant group difference in between control and 0.3 tesla and 0.3 and 0.4 tesla magnetic field in

case of 72-hours exposed cocoons, the significant group difference was observed between control and 0.3 tesla, 0.1 and 0.4 tesla, 0.2 and 0.3 tesla and 0.3 and 0.4 tesla magnetic field while 24 and 48 hours exposed cocoons of all the magnetic strength did not cause a significant groups difference.

Table Ib. Post-hoc test showing effect of cocoon magnetization on the fecundity of *Bombyx mori*.

Tableau Ib. Post-hoc test montrant l'effet de la magnétisation des cocons sur la fécondité de *Bombyx mori*.

Mean difference in between groups	Exposure duration (hours)			
<i>Différence moyenne entre les groupes</i>	<i>Durée d'exposition (heures)</i>			
	24	48	72	96
X ₁ ~ X ₂	15.33	30.55	40.33	45.55
X ₁ ~ X ₃	27.30	43.77	58.11	69.11
X ₁ ~ X ₄	38.40	64.24	*88.54	75.21
X ₁ ~ X ₅	46.33	38.20	3.80	52.56
X ₂ ~ X ₃	11.97	13.22	17.78	23.56
X ₂ ~ X ₄	23.07	33.69	48.21	29.66
X ₂ ~ X ₅	31.00	7.65	44.13	*97.11
X ₃ ~ X ₄	11.10	20.61	30.43	6.10
X ₃ ~ X ₅	19.03	5.57	62.13	*121.67
X ₄ ~ X ₅	7.93	26.04	*92.34	127.77

$$\text{Honesty significant difference (HSD)} = q = \sqrt{\frac{\text{MS within}}{n}}$$

$$\begin{aligned} \text{Différence significative honnête (HSD)} &= q = \sqrt{\frac{\text{MS au sein de}}{n}} \\ &= 5.05 \sqrt{\frac{715.54}{3}} \\ &= 77.972 \end{aligned}$$

MS = Mean square value of ANOVA Table / Valeur moyenne des carrés du Tableau ANOVA.

q = Studentized range static / Fourchette statique de Student.

n = No. of replicates / Nbre de répétitions.

* = Shows significant group difference / Montre la différence significative du groupe.

X₁, X₂, X₃, X₄ and X₅ are mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field respectively. / X₁, X₂, X₃, X₄ et X₅ sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin et avec 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 tesla de champ magnétique.

The relation between incubation of eggs (Y) i.e. dependent variable and exposure duration (X) yielded significant negative regression and negative correlation coefficient i.e. $Y_1 = 8.955 + (-0.0087)X$ and $r_1 = -0.9913$, $Y_2 = 8.86 + (-0.0097)X$ and $r_2 = -0.9870$, $Y_3 = 8.59 + (-0.0115)X$ and $r_3 = -0.8848$ while 0.4 tesla treated cocoons showed significant regression and positive correlation coefficient i.e. $Y_4 = 7.75 + 0.0174X$ and $r_4 = 0.9586$.

Table IIa. Effect of cocoon magnetization on the incubation period (days) of *B. mori* eggs.

Tableau IIa. Effet de la magnétisation des cocons sur la durée d'incubation (jours) des oeufs de *B. mori*.

Exposure duration (hours)	Magnetic field (tesla)					F ₁ -ratio n ₁ = 4
	Control (X ₁)	0.1 (X ₂)	0.2 (X ₃)	0.3 (X ₄)	0.4 (X ₅)	
Durée d'exposition (heures)	Champ magnétique (tesla)					
	Témoin (X ₁)	0,1 (X ₂)	0,2 (X ₃)	0,3 (X ₄)	0,4 (X ₅)	
24	8.97 ± 0.62 (100)	8.78 ± 0.58 (97.88)	8.66 ± 0.61 (96.54)	8.40 ± 0.65 (93.64)	8.32 ± 0.45 (92.75)	4.85*
48	8.97 ± 0.62 (100)	8.49 ± 0.65 (94.64)	8.32 ± 0.60 (92.75)	8.05 ± 0.64 (89.74)	8.38 ± 0.65 (93.42)	
72	8.97 ± 0.62 (100)	8.32 ± 0.64 (92.75)	8.19 ± 0.59 (91.30)	7.50 ± 0.68 (83.61)	8.96 ± 0.64 (99.88)	
96	8.97 ± 0.62 (100)	8.14 ± 0.60 (88.29)	7.92 ± 0.59 (85.39)	7.66 ± 0.69 (90.74)	9.52 ± 0.70 (106.13)	

F₂-ratio = 0.358**

n₂ = 3

*P₁ < 0.025 (Variable-1 = Magnetic field) / *P₁ < 0.025 (Variable 1 = Champ magnétique)

**Non Significant (Variable-2 = Exposure duration) / ** Non significatif (Variable 2 = durée d'exposition).
Each value represents mean ± S.E. of three replicates / Chaque valeur représente la moyenne ± l'écart type de trois répétitions.

X₁, X₂, X₃, X₄ and X₅ are the mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field / X₁, X₂, X₃, X₄ et X₅ sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin et avec 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 tesla de champ magnétique.

Figures in parentheses indicate per cent value when control was taken as 100% / Les chiffres entre parenthèses indiquent la valeur en pourcentage, quand le témoin représente 100 %.

Table II b. Post-hoc Test showing effect of cocoon magnetization on the incubation period (days) of *B. mori* eggs.

Tableau IIb. Test post-hoc montrant l'effet de la magnétisation des cocons sur la durée d'incubation (jours) des œufs de B. mori.

Mean difference in between groups	Exposure duration (hours)			
<i>Différence moyenne entre les groupes</i>	<i>Durée d'exposition (heures)</i>			
	24	48	72	96
X ₁ ~ X ₂	0.19	0.48	0.65	0.83
X ₁ ~ X ₃	0.31	0.65	0.78	1.05
X ₁ ~ X ₄	0.57	0.92	*1.47	*1.31
X ₁ ~ X ₅	0.65	0.59	0.01	0.55
X ₂ ~ X ₃	0.12	0.17	0.13	0.22
X ₂ ~ X ₄	0.38	0.44	0.82	0.48
X ₂ ~ X ₅	0.46	0.11	0.64	*1.38
X ₃ ~ X ₄	0.26	0.27	0.69	0.26
X ₃ ~ X ₅	0.34	0.06	0.77	*1.60
X ₄ ~ X ₅	0.08	0.33	*1.46	*1.86

$$\text{Honesty significant difference (HSD)} = q \sqrt{\frac{\text{MS within}}{n}}$$

$$\text{Différence significative honnête (HSD)} = q \sqrt{\frac{\text{MS au sein de}}{n}}$$

$$= 5.05 \sqrt{\frac{0.148}{3}}$$

$$= 1.116$$

MS = Mean square value of ANOVA Table / Valeur moyenne des carrés du Tableau ANOVA.

q = Studentized range static / Fourchette statique de Student.

n = No. of replicates / Nbre de répétitions.

* = Shows significant group difference / Montre la différence significative du groupe.

X₁, X₂, X₃, X₄ and X₅ are mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field respectively. / X₁, X₂, X₃, X₄ et X₅ sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin et avec 0.1, 0.2, 0.3 et 0.4 tesla de champ magnétique.

Hatchability:

It is clear from the data given in Table IIIa that variation in the strength of static magnetic field and exposure of cocoons influenced the hatchability of eggs. With the increasing duration of cocoon exposure, the hatchability was noticed to be increased in 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons while in case of 0.4 tesla magnetized cocoons, the trend of hatchability variation was different. The hatchability per cent in 96 hours exposed cocoons were noticed to be 93.00 ± 0.90, 93.95 ± 0.51,

95.20 $\pm$ 1.14 and 70.25 $\pm$ 0.90 in 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetized cocoons respectively which indicates that very high intensity (0.4 tesla) of magnetic field is not suitable for the hatchability of eggs while magnetization with 0.3 tesla is most suitable for the hatchability of eggs. The maximum level of the hatchability of eggs was noticed to be 96.89 $\pm$ 0.64 % in 0.3 tesla – 72 hours exposed cocoons. 24 hours exposure of cocoons under 0.1 and 0.2 tesla strength of magnetic field caused slow increase in the hatchability per cent which reached to the level of 88.25 $\pm$ 1.28 and 86.56 $\pm$ 1.27 respectively. Under the high intensity magnetic fields of 0.3 and 0.4 tesla, the rate of increase in the hatchability was very high which reached to the level of 92.99 $\pm$ 1.28 and 93.25 $\pm$ 1.18% respectively. Two-way ANOVA indicates that variation in the magnetic strength and exposure duration did not cause significant effect in the hatchability of *B. mori* eggs. The post-hoc Test (Table III b) shows significant group difference in between 0.3 and 0.4 tesla in case of 72 hours exposed cocoons. In 96 hours exposed cocoons, significant groups difference was observed in between control and 0.4 tesla, 0.1 and 0.4 tesla, 0.2 and 0.4 tesla and 0.3 and 0.4 tesla magnetic strength.

Table IIIa. Effect of cocoon magnetization on the per cent hatching of *B. mori* eggs.

Tableau IIIa. Effet de la magnétisation des cocons sur le pourcentage d'éclosion des œufs de *B. mori*.

Exposure duration (hours)	Magnetic field (tesla)					F ₁ -ratio n ₁ = 4
	Control (X ₁)	0,1 (X ₂)	0,2 (X ₃)	0,3 (X ₄)	0,4 (X ₅)	
Durée d'exposition (heures)	Champ magnétique (tesla)					
	Témoin	0,1	0,2	0,3	0,4	
24	86.99 $\pm$ 0.84 (100)	88.25 $\pm$ 1.28 (101.44)	89.56 $\pm$ 1.27 (102.95)	92.99 $\pm$ 1.28 (106.89)	93.25 $\pm$ 1.18 (107.19)	2.88*
48	86.99 $\pm$ 0.84 (100)	91.54 $\pm$ 0.80 (105.23)	92.79 $\pm$ 1.22 (106.66)	94.76 $\pm$ 1.25 (108.93)	91.46 $\pm$ 0.80 (105.13)	
72	86.99 $\pm$ 0.84 (100)	92.30 $\pm$ 0.87 (106.10)	93.46 $\pm$ 0.78 (107.43)	96.89 $\pm$ 0.64 (111.38)	78.57 $\pm$ 0.72 (90.32)	
96	86.99 $\pm$ 0.84 (100)	93.00 $\pm$ 0.90 (106.90)	93.95 $\pm$ 0.51 (108.00)	95.20 $\pm$ 1.14 (109.43)	70.25 $\pm$ 0.90 (80.75)	

F₂ -ratio = 0.415** n₂ = 3

* Non significant (Variable 1 = Magnetic field) / * Non significatif (Variable 1 = champ magnétique).

** Non Significant (Variable-2 = Exposure duration) / ** Non significatif (Variable 2 = durée d'exposition).

Each value represents mean $\pm$ S.E. of three replicates / Chaque valeur représente la moyenne $\pm$ l'écart type de trois répétitions.

X₁, X₂, X₃, X₄ and X₅ are the mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field / X₁, X₂, X₃, X₄ et X₅ sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin, 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 tesla de champ magnétique.

Figures in parentheses indicate per cent value when control was taken as 100% / Les chiffres entre parentheses indiquent la valeur en pourcentage quand le témoin représente 100 %.

Table IIIb. Post-hoc Test showing effect of cocoon magnetization on the per cent hatching of *B. mori* eggs.

Tableau IIIb. Test post-hoc montrant l'effet de la magnétisation des cocons sur le pourcentage d'éclosion des oeufs de *B. mori*.

Mean difference in between groups	Exposure duration (hours)			
<i>Différence moyenne entre les groupes</i>	<i>Durée d'exposition (heures)</i>			
	24	48	72	96
$X_1 \sim X_2$	1.26	4.55	5.31	6.01
$X_1 \sim X_3$	2.57	5.80	6.47	6.96
$X_1 \sim X_4$	6.00	7.77	9.90	8.21
$X_1 \sim X_5$	6.26	4.47	8.42	*16.74
$X_2 \sim X_3$	1.31	1.25	1.16	0.95
$X_2 \sim X_4$	4.74	3.22	4.59	2.20
$X_2 \sim X_5$	5.00	0.08	13.73	*22.75
$X_3 \sim X_4$	3.43	1.97	3.43	1.25
$X_3 \sim X_5$	3.69	1.33	14.89	*22.75
$X_4 \sim X_5$	0.26	3.30	*18.32	*24.95

$$\text{Honesty significant difference (HSD)} = q \sqrt{\frac{\text{MS within}}{n}}$$

$$\begin{aligned} \text{Différence significative honnête (HSD)} &= q \sqrt{\frac{\text{MS au sein de}}{n}} \\ &= 5.05 \sqrt{\frac{29.51}{3}} \\ &= 15.806 \end{aligned}$$

MS = Mean square value of ANOVA Table / *Valeur moyenne des carrés du Tableau ANOVA.*

q = Studentized range static / *Fourchette statique de Student.*

n = No. of replicates / *Nbre de répétitions.*

***** = Shows significant group difference / *Montre la différence significative du groupe.*

X_1, X_2, X_3, X_4 and X_5 are mean values of fecundity in control, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 tesla magnetic field respectively. / X_1, X_2, X_3, X_4 et X_5 sont les valeurs moyennes de la fécondité chez le témoin et avec 0.1, 0.2, 0.3 et 0.4 tesla de champ magnétique.

The relation between dependent variable i.e. (Y) and independent variable i.e. (X) yielded a significant regression and positive correlation coefficient i.e. $Y_1 = 87.52 + 0.0625X$ and $r_1 = 0.9222$, $Y_2 = 88.98 + 0.0576X$ and $r_2 = 0.9033$, $Y_3 = 92.77 + 0.0365X$ and $r_3 = 0.7057$, while 0.4 tesla treated

cocoons showed significant negative regression and negative correlation coefficient i.e. $Y_4 = 103.855 + (-0.3412)X$ and $r_4 = -0.9675$.

DISCUSSION

The fecundity of *Bombyx mori* moth was influenced by change in the strength of static magnetic field and the exposure duration of cocoons. With the increasing duration of *B. mori* cocoons from 24 to 96 hours, the fecundity increased in case of 0.1, 0.2 and 0.3 tesla while in 0.4 tesla magnetized cocoons, the fecundity increased up to 24 hours exposure and further declined up to 96 hours exposed cocoons. The trend of increase in the fecundity was almost similar in 0.1 and 0.2 tesla while in 0.3 tesla magnetized cocoons, the fecundity was very high (Table I). The application of magnetic field in the biological system caused an enhancement of metabolic activities (Alexander and Ganeshan, 1990) and also accelerated the electron transport rate constant in cytochrome oxidase reaction (Blank, 1998). In an *in vitro* study, the magnetic field activated the enzyme glutamine dehydrogenase (Akoyundoglu, 1965). The low magnetic field caused stimulatory effect, whereas, higher magnetic field caused inhibitory effect on the biological system (Mulay and Mulay, 1964). The magnetic field is responsible for the activation of enzyme carboxymutase (Young, 1969). Boe and Salunkhe (1963) noticed physiological changes in biological system exposed to magnetic field. The lipase activities in *Cucurbita maxima* were enhanced when provided with magnetized water (Todoran *et al.*, 1967). Magnetic field stimulated the level of transcription where the field interacts with the electrons, moving along with the stalked base pairs in DNA (Blank, 1998). Thus, it is inferred that the higher fecundity level of moths, obtained by the exposed cocoons, in low magnetic field may be due to the activation of reproductive system which mobilises the raw material for the formation of egg and increases the metabolic rate, while the higher magnetic field may generate stress response causing decline in the fecundity of *B. mori* moths.

The change in the static magnetic field and exposure duration of eggs considerably influenced the incubation period of *B. mori* eggs. In the 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons, the incubation period decreased slowly and slowly, whereas, in 0.4 tesla magnetized cocoons, the incubation period of eggs decreased slightly up to 24 hours of exposure but further increased with the exposure duration of cocoons. Thus, the trend of variation of the incubation period in 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons is almost similar in pattern with varying exposure duration, while in 0.4 tesla magnetized cocoons the trend of variation in exposure duration is different. The low magnetic field acts on enzyme molecules and produces conformational changes in enzyme which is concerned for the activation of enzyme system, whereas, at high strength of magnetic field, the change brought about is negative hence the enzyme get inhibited (Young *et al.*, 1969). The functional significance of sequence homology can be illustrated by cytochrome, an iron containing mitochondrial protein that transfer electron during biological oxidation in eukaryotic cells (Dickerson, 1972). Thus it is inferred that low magnetic field may influence the cytochrome system inside mitochondrial inner membrane which increases metabolic rate of embryonic cell resulting in the enhanced rate of cleavage causing reduction in the embryonic duration. The higher magnetic field may cause inhibitory effect on the cleavage hence the rate of cleavage become lower causing an increase in the incubation period.

The variation in the strength of static magnetic field and exposure duration of cocoons caused a notable influence on the hatchability of eggs. With the increasing exposure duration of cocoons, the hatchability increased in 0.1, 0.2 and 0.3 tesla magnetized cocoons while in 0.4 tesla magnetized cocoons, the trend of variation in hatchability was different. The hatchability of eggs increased with the increasing strength of magnetic field from 0.1 to 0.3 tesla while it declined in 0.4 tesla exposed cocoons at same exposure duration (Table IIIa). The low magnetic field caused the activation of enzyme activity due to conformational changes in the enzyme molecule, whereas, high level of magnetic field caused inhibitory changes in the enzyme molecule and thus, the enzyme activity was

inhibited (Young *et al.*, 1969). Thus, it may be concluded that with the increasing strength of magnetic field up to 0.3 tesla, the per cent hatchability of eggs increased due to activation of enzyme activities in embryonic stage. This may be due to increasing heat content in the eggs by increasing the metabolic rate of embryonic cells due to activation of cytochrome system in low magnetic field.

Thus, the exposure of *B. mori* cocoons under 0.3 tesla magnetic strength for 72 hours enhances the vital activity in different stages of silkworm hence the incubation period and hatchability of eggs and the fecundity of moth were at the maximum of their performance level. The biotechnological knowledge as explicated from the revelations here might prove to be an insight in the field of bio-magnetic researches in future.

ACKNOWLEDGEMENT

One of the authors Dr. Surendra Prasad is working as Post Doctoral Fellow sanctioned by University Grants Commission vide letter no. F. 31- 48 (SC) 2007 (SA-III).

REFERENCES

- AKOYUNDOGLOU G. (1965) Effect of magnetic field on carboxydismutase. *Nature*, 202, 452-454.
- ALEXANDER M.P., GANESHAN S. (1990) Electromagnetic field induce *in-vitro* pollen germination and tube growth. *Curr. Sci.*, 59, 276-277.
- ARHOLT E., FLIN E. A., SMITH C. W. (1982) Magnetic field affects the lac operon system. *Phys. Biol. Med.*, 27, 606-610.
- BLANK M. (1998) Cytochrome oxidase in electric and magnetic field. Columbia University, New York, Cellular Biophysics, 1-4.
- BOE A. A., SALUNKHE D.K. (1963) Effect of magnetic field on tomato ripening. *Nature*, 199, 91-92.
- CHAUGALE A. K., MORE N. K. (1992) Effect of magnetization on the developmental period and cocoon characters of the *Bombyx mori* Linn. *Indian J. Seric.*, 31(2), 115-122.
- DICKERSON R. E. (1972) The structure and history of an ancient protein. *Sci. Am.* (226), 58-72.
- IWANVAT Y., ONO Y. (1969) Rearing experiments on artificial diet composed mainly on the mulberry beat powder harvested in the late autumn and after. *J. Seric. Sci.*, 38, 307-315.
- KANAREV G., CHAMG.T. (1985) Effect of laser irradiation of silkworm eggs on silkworm *Bombyx mori* development and productivity. *Zhivotnov Nauki*, 22, 47-53.
- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M.N., SURYANARAYAN S.K KUMAR RAJA (1973) Sericulture Manual 2. Silkworm Rearing F.A.O. Agric. Services Bull. Rome, 15(2), 1-131.
- MISHRA A. B., UPADHYAY V. B. (1992) Nutritional efficiency of bivoltine, *Bombyx mori* Linn. larvae at higher regimes of relative humidity. *J. Adv. Zool.*, 13 (1 & 2), 16-18.
- MISHRA A. B., UPADHYAY V. B. (1993) Nutritional efficacy of bivoltine, *Bombyx mori* Linn. larvae at different photoperiod. *Proc. 80th Session Indian Science Congress Goa*, pp. 54-55.
- MULAY., MULAY (1964) Effect on *Drosophila melanogaster* and S-37 tumour cells. Postulates for magnetic field interpretation. In, *Biological Effect of Magnetic Fields*, M.F. Barnothy (Ed.), Plenum Press, New York. operon system. *Phys. Biol., Med.*, 27, 606-610.
- TODORON S.I., GORON A. I., GEMISCHER S.M. (1967) Stimulative biomagnetic effect under action of a magnetic field and magnetized water upon the seeds of *Cucurbita maxima* Duch. *God. Sofiiskiia, Unic. Biol. Fank. Kn 2 Bot. Microbiol. Fizol. Biokhim. Rast.*, 61, 239-250.
- TRIPATHI S. K., UPADHYAY V. B. (2005) Magnetization of eggs influences the incubation period of multivoltine mulberry silkworm *Bombyx mori* Linn Eggs. *J. Adv. Zool.*, 26 (1), 24-28.
- UDINSTEV N.A., MOROZ V. V. (1982) Function of hypophysial adrenal system under the effect of power frequency variable magnetic field of different regimes. *Gig. Tr. Prof. Zabol.* 12, 54-56.
- UPADHYAY V. B., MISHRA A. B. (1991) Nutritional ability of bivoltine silkworm *Bombyx mori* Linn. larvae at higher temperature regimes. *J. Adv. Zool.*, 12 (1) 56-59.

- UPADHYAY V. B., TRIPATHI S. K. (2006) Effect of the magnetization of eggs on the silk producing potential of multivoltine mulberry silkworm (*Bombyx mori* Linn.). *Sericologia* 46(3), 269-278.
- YOUNG W. (1969) Magnetic field and in-situ acetylcholine-esterase in the vagal heart system. In, *Biological Effect of Magnetic Field*, Barnothyet (Ed.), Plenum Press, pp. 79-102.

IMPORTANCE BIOTECHNOLOGIQUE DE LA MAGNETISATION DES COCONS PARTICULIEREMENT PAR RAPPORT AU POTENTIEL REPRODUCTEUR DU VER A SOIE MURIER POLYVOLTIN (*BOMBYX MORI* LINN.)

V. B. UPADHYAY & S. PRASAD

Silkworm Laboratory, Department of Zoology, D. D. U. Gorakhpur University,
Gorakhpur – 273 009, Inde.

*L'application de champ magnétique sur le cocon de **Bombyx mori** s'avère avoir une signification biotechnologique dans l'industrie séricicole. La variation de la durée d'exposition magnétique influence significativement ($P < 0.025$) le potentiel reproducteur de **Bombyx mori**, en termes de fécondité, de durée d'incubation des œufs et de capacité de ponte des œufs. La fécondité et la capacité de ponte augmentent avec l'augmentation de la durée d'exposition du cocon de 24 à 96 heures avec un champ magnétique de 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla. La durée d'incubation des œufs baisse avec l'augmentation de la durée d'exposition des cocons de 24 à 96 heures avec un champ magnétique de 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla. On observe le niveau maximum de fécondité ($462,76 \pm 1,22$ œufs) et de capacité d'éclosion ($96,89 \pm 0,64$ %) chez les cocons exposés à 0,3 tesla pendant 72 heures. On enregistre la durée minimum d'incubation ($7,50 \pm 0,68$ jours) chez les cocons exposés à 0,3 tesla pendant 72 heures, qui présentent un bon développement des œufs. Les interactions biomagnétiques, si on les utilise à bon escient, pourraient être utiles pour renforcer l'industrie séricicole ainsi que pour l'élevage du ver à soie du point de vue économique.*

INTRODUCTION

Nistari est une variété résistante du ver à soie mûrier polyvoltin (*Bombyx mori* Linn.) qui contribue dans une large mesure à la production commerciale de cocons en Inde. La fécondité des papillons, la capacité d'éclosion des œufs et la durée d'incubation des œufs sont les facteurs les plus importants qui influencent la production de cocons à l'échelle commerciale. Des efforts sont faits pour mettre au point de nouvelles technologies efficaces, qui économisent la main d'œuvre et sont bénéfiques à l'environnement afin d'augmenter la production de soie. Des recherches ont été entreprises pour étudier l'effet de la température (Upadhyay et Mishra, 1991), de l'humidité relative (Mishra et Upadhyay, 1992), de la photopériode (Mishra et Upadhyay, 1993), du milieu artificiel (Iwanvat et Ono, 1969), des rayons X (Kanarev et Cham, 1985) etc... sur la performance du ver à soie. La magnétisation des larves de vers à soie influence aussi la performance du ver à soie (Chaugle et More, 1992). La magnétisation des œufs influence le potentiel de production de soie (Upadhyay et Tripathi, 2006) et la durée d'incubation des œufs (Tripathi et Upadhyay, 2005). Le champ magnétique influence le niveau d'hormones et d'insuline chez le rat (Udinstev et Moroz, 1982) et le taux de synthèse de la beta-galactosidase dans les bactéries (Arholt et coll., 1982). De nos jours, la biotechnologie est devenue un domaine leader des recherches scientifiques directement concernées par la qualité de vie des êtres humains. On a émis l'hypothèse que si les cocons de *B. mori* sont exposés à différentes forces magnétiques, il pourrait y avoir des effets bénéfiques sur le cycle de vie du ver à soie et sur la productivité des cocons. Compte tenu de cela, on a essayé d'étudier l'effet biomagnétique de la magnétisation des cocons sur la fécondité des papillons, la capacité d'éclosion des œufs et la durée d'incubation des œufs chez le ver à soie mûrier polyvoltin (*B. mori*). Cette étude d'investigation

pourrait être utile pour trouver des applications biotechnologiques au champ magnétique pour obtenir une production importante de cocons ainsi que pour un élargissement du champ de la biophysique.

MATERIELS ET METHODES

On obtient les cocons de grainage du ver à soie mûrier polyvoltin auprès du Centre de grainage du ver à soie de Beharich, Directorate of Sericulture Uttar Pradesh et on les maintient dans des claies en contre-plaqué ($23 \times 20 \times 5$ cm) dans des conditions d'élevage idéales (Krishnaswami et coll., 1973) dans le laboratoire du ver à soie. On maintient la température et l'humidité relative dans un incubateur BOD (Demande en Oxygène Biologique) à respectivement $26 \pm 1^\circ \text{C}$ et $80 \pm 5\%$ d'HR jusqu'à l'émergence des papillons provenant des cocons de grainage. On recueille rapidement les papillons venant d'émerger et on les conserve en fonction des sexes dans des claies séparées pour éviter la copulation. On réalise toute l'opération de grainage d'après la description de Krishnaswami et coll., (1973) et on obtient les œufs.

Après l'éclosion, on élève les larves en les alimentant avec des feuilles de mûrier sur des claies. Après l'achèvement du 5^{ème} âge, les vers mûrs cessent de se nourrir et ils sont prêts pour le filage. On dispose de petits encabanages pour les vers mûrs et on obtient donc un nombre suffisant de cocons à partir des larves de ver à soie élevées en laboratoire. Par ailleurs, on prend des cocons pour l'exposition magnétique.

Conception expérimentale :

Pour observer l'influence du champ magnétique sur le potentiel reproducteur de *B. mori*, on conserve les cocons ainsi obtenus dans un champ magnétique statique. On utilise séparément des aimants de 0,1 ; 0,2 ; 0,3 et 0,4 tesla pour la bio-magnétisation des cocons du ver à soie. On magnétise les cocons séparément pendant 24, 48, 72 et 96 heures avec un aimant de chaque force. On conserve les cocons pour la magnétisation à partir du 3^{ème} jour après le filage. On met aussi un lot témoin au point pour l'expérience, c'est-à-dire sans magnétisation des cocons. Pour la magnétisation, on conserve au début 360 cocons dans la fourchette de champ magnétique de 0,1 tesla, sur lesquels on libère 90 cocons au bout de 24 heures d'exposition magnétique. Par ailleurs, on libère des groupes de 90 cocons magnétisés au bout de 48, 72 et 96 heures d'exposition au champ magnétique de 0,1 tesla. On transfère séparément ces quatre groupes de cocons magnétisés continuellement dans un incubateur BOD, maintenu à $26 \pm 1^\circ \text{C}$, $80 \pm 5\%$ d'HR et 12 ± 1 heure de photopériode par jour. Par ailleurs, on procède à l'incubation des cocons exposés et à l'élevage des différents stades du ver à soie dans le même incubateur BOD. Dans cette étude, on détermine tous les paramètres des observations pour les stades respectifs chez les cocons magnétisés.

Fécondité :

Pour déterminer la fécondité, on prend 15 pontes (trois lots de 5 pontes dans chaque lot) pour chaque répétition. Les moyennes des cinq pontes sont donc prises comme des nombres représentatifs des œufs pondus par un papillon femelle par ponte dans chaque lot d'expériences.

Durée d'incubation :

Pour déterminer l'effet de la magnétisation des cocons sur la durée d'incubation des œufs de ver à soie, on calcule le temps nécessaire à l'incubation avant l'éclosion des larves pour chaque lot d'expériences séparément. On calcule la durée d'incubation à partir de huit heures du soir le jour du désaccouplement. On procède à trois répétitions de dix pontes, dans chaque répétition.

Capacité d'éclosion :

Pour déterminer le pourcentage d'éclosion, on compte 30 pontes (trois lots de 10 pontes dans chaque lot) pour chaque répétition. On procède à trois répétitions de chaque expérience.

$$\text{Capacité d'éclosion} = \frac{\text{Nombre d'oeufs éclos}}{\text{Nombre d'oeufs fécondés}} \times 100$$

Toutes les données obtenues sont analysées statistiquement avec l'ANOVA à deux facteurs, le test post-hoc et l'analyse de régression.

RESULTATS**Fécondité :**

Les données présentées dans le Tableau la indiquent clairement que la variation du champ magnétique statique et de la durée d'exposition des cocons de *B. mori* influence la fécondité des papillons. Avec l'augmentation de la durée d'exposition des cocons au champ magnétique statique de 0,1 tesla, la capacité de ponte des œufs du papillon *B. mori* augmente lentement et atteint le niveau de $419,77 \pm 1,72$ chez les papillons dont les cocons ont été exposés pendant 96 heures. Dans le cas des cocons exposés au champ magnétique de 0,2 tesla pendant 24 heures, le taux d'augmentation de la capacité de ponte des œufs est très élevé ($401,52 \pm 0,58$ œufs), il augmente de plus en plus lentement avec l'augmentation de la durée d'exposition au dessus de 24 heures et atteint le niveau le plus élevé de $443,33 \pm 1,52$ œufs chez les papillons provenant de cocons exposés pendant 96 heures. On remarque une tendance presque similaire d'augmentation du taux de fécondité des papillons provenant d'œufs exposés pendant 24 heures au champ statique magnétique de 0,3 tesla, qui atteint le niveau maximum de $462,76 \pm 1,22$ pour les cocons exposés pendant 72 heures. Quand on expose les cocons à un champ magnétique statique d'une intensité élevée de 0,4 tesla, on remarque un changement de tendance de la variation sur l'effet biologique avec la durée d'exposition et le niveau de fécondité commence à baisser avec l'augmentation de la durée d'exposition au-dessus de 24 heures et elle atteint son niveau le plus bas de $321,66 \pm 0,71$ œufs pour les cocons exposés pendant 96 heures. Il est clair que le taux d'augmentation de la fécondité des papillons provenant de cocons exposés pendant 24 heures augmente avec l'augmentation de la force du champ magnétique de 0,1 à 0,3 tesla, tandis qu'au-dessus de cette force magnétique, c'est-à-dire à 0,4 tesla, le taux d'augmentation de la fécondité baisse avec l'augmentation de la durée d'exposition. Les tendances pour la variation de la fécondité avec les œufs qui sont exposés à une force variable de champ magnétique pendant 48 et 96 heures sont presque similaires. On remarque que le niveau maximum de fécondité des papillons est de $462 \pm 1,22$ œufs quand on expose les cocons au champ magnétique statique de 0,3 tesla pendant 72 heures. L'ANOVA à deux facteurs indique que la variation de la puissance magnétique influence significativement ($P < 0,025$) la fécondité du papillon *Bombyx mori* tandis que la durée d'exposition n'a pas d'influence significative sur la fécondité. Le test post-hoc (Tableau I b) indique une différence significative entre les groupes pour la fécondité des papillons entre le témoin et 0,3 tesla et entre 0,3 et 0,4 tesla chez les cocons exposés pendant 72 heures. Dans le cas des cocons exposés pendant 96 heures, on remarque une différence significative de groupe pour la fécondité entre 0,1 et 0,4 tesla ; 0,2 et 0,4 tesla et 0,3 et 0,4 tesla d'exposition de force magnétique. Dans le cas des cocons exposés pendant 24 et 48 heures, la variation de la force magnétique n'entraîne pas de différence significative de groupe.

La relation entre la variation de la fécondité des papillons (Y), c'est-à-dire la variable dépendante et la durée d'exposition pour le traitement du cocon (X) c'est-à-dire la variable indépendante donne une régression et un coefficient de corrélation positifs significatifs c'est-à-dire $Y_1 = 382,05 + 0,4185X$ et $r_1 = 0,9761$, $Y_2 = 388,85 + 0,5823X$ et $r_2 = 0,9962$, $Y_3 = 407,13 + 0,5613X$ et $r_3 = 0,8180$, tandis

que dans le cas des cocons traités à 0,4 tesla, on observe une régression négative et un coefficient de corrélation négatif significatifs, c'est à dire $Y_4 = 465,93 + (-1,4111)X$ et $r_4 = -0,9630$.

Durée d'incubation :

Les données présentées dans le Tableau IIa indiquent clairement que le changement de champ magnétique statique et de la durée d'exposition influence la durée d'incubation des œufs de *B. mori*.

Chez les cocons magnétisés à 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla, la durée d'incubation des œufs baisse de plus en plus lentement et atteint respectivement le niveau de $8,14 \pm 0,60$; $7,92 \pm 0,59$ et $7,66 \pm 0,69$ jours après la magnétisation des cocons pendant 96 heures. Chez les cocons magnétisés à 0,4 tesla pendant 24 heures, la durée d'incubation des œufs baisse au niveau de $8,32 \pm 0,45$ jours, augmente à nouveau lentement et atteint $9,52 \pm 0,70$ jours après 96 heures d'exposition des cocons. La tendance de variation de la durée d'incubation des œufs chez les cocons magnétisés à 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla a donc presque le même profil. On remarque que le niveau minimum d'incubation des œufs est de $7,50 \pm 0,68$ jours chez les cocons exposés à 0,3 tesla exposés pendant 72 heures. L'ANOVA à deux facteurs indique que la variation de la force du champ magnétique entraîne une influence significative ($p < 0,025$) sur la durée d'incubation des œufs, tandis que la variation de la durée d'exposition n'entraîne pas d'effet significatif. Le test post-hoc (Tableau IIb) montre une différence significative entre le groupe témoin et le groupe 0,3 tesla et le Tableau IIb montre une différence de groupe significative entre le témoin et 0,3 tesla et entre 0,3 et 0,4 de champ magnétique dans le cas des cocons exposés pendant 72 heures ; on observe une différence de groupe significative entre le témoin et 0,3 tesla ; 0,1 et 0,4 tesla, 0,2 et 0,3 tesla et 0,3 et 0,4 tesla de champ magnétique, tandis que les cocons exposés pendant 24 et 48 heures à toutes les forces magnétiques ne donnent pas de différence de groupe significative.

La relation entre l'incubation des oeufs (Y), c'est-à-dire la variable dépendante et la durée d'exposition (X) donne une régression négative et un coefficient de corrélation négatif significatifs, c'est-à-dire $Y_1 = 8,955 + (-0,0087) X$ et $r_1 = -0,9913$, $Y_2 = 8,86 + (-0,0097) X$ et $r_2 = -0,9870$, $Y_3 = 8,59 + (-0,0115)X$ et $r_3 = -0,8848$, tandis que les cocons traités à 0,4 tesla présentent une régression et un coefficient de corrélation positif significatifs, c'est-à-dire $Y_4 = 7,75 + 0,0174X$ et $r_4 = 0,9586$.

Capacité d'éclosion :

Il est clair d'après les données présentées dans le Tableau IIIa que la variation de la force du champ magnétique statique et de l'exposition des cocons influence la capacité d'éclosion des œufs. Avec l'augmentation de la durée d'exposition des cocons, on constate que la capacité d'éclosion augmente chez les cocons magnétisés à 0,1, 0,2 et 0,3 tesla, tandis que dans le cas des cocons magnétisés à 0,4 tesla, la tendance de la variation de la capacité d'éclosion est différente. On remarque que le pourcentage de la capacité d'éclosion chez les cocons exposés pendant 96 heures est de $93 \pm 0,90$, $93,95 \pm 0,51$; $95,20 \pm 1,14$ et $70,25 \pm 0,90$ magnétisés respectivement à 0,1, 0,2, 0,3 et 0,4 tesla, ce qui indique qu'une intensité très élevée (0,4 tesla) de champ magnétique n'est pas adaptée pour la capacité d'éclosion des œufs, tandis que la magnétisation à 0,3 tesla est des plus adaptées pour la capacité d'éclosion des œufs. On remarque que le niveau maximum de capacité d'éclosion des oeufs est de $96,89 \pm 0,64$ % chez les cocons exposés à 0,3 tesla pendant 72 heures. L'exposition des cocons pendant 24 heures à une force de 0,1 et 0,2 tesla de champ magnétique entraîne une lente augmentation de la capacité d'éclosion, qui atteint le niveau de respectivement $88,25 \pm 1,28$ et $86,56 \pm 1,27$. Sous les champs magnétiques d'intensité élevée de 0,3 et 0,4 tesla, le taux d'augmentation de la capacité d'éclosion est très élevé et atteint le niveau de respectivement $92,99 \pm 1,28$ et de $93,25 \pm 1,18$ %. L'ANOVA à deux facteurs indique que la variation de la force magnétique et de la durée d'exposition n'entraîne pas d'effet significatif sur la capacité d'éclosion des œufs de *B. mori*. Le test post-hoc (Tableau IIIb) montre une différence de groupe significative entre 0,3 et 0,4 tesla dans le cas des cocons exposés pendant 72 heures. Chez les cocons exposés pendant 96 heures, on observe une

différence significative de groupe entre le témoin et 0,4 tesla, 0,1 et 0,4 tesla, 0,2 et 0,4 tesla et 0,3 et 0,4 tesla de force magnétique.

La relation entre la variable dépendante, c'est-à-dire (Y) et la variable indépendante (X) donne une régression et un coefficient de corrélation positifs significatifs, c'est-à-dire $Y_1 = 87,52 + 0,0625X$ et $r_1 = 0,9222$, $Y_2 = 88,98 + 0,0576X$ et $r_2 = 0,9033$, $Y_3 = 92,77 + 0,0365X$ et $r_3 = 0,7057$, tandis que les cocons traités à 0,4 tesla présentent une régression négative et un coefficient de corrélation négatif significatifs, c'est-à-dire, $Y_4 = 103,855 + (-0,3412)X$ et $r_4 = -0,9675$.

DISCUSSION

La fécondité du papillon *Bombyx mori* est influencée par le changement de puissance du champ magnétique statique et par la durée d'exposition des cocons. Avec l'augmentation de la durée d'exposition des cocons de *B. mori* de 24 à 96 heures, la fécondité augmente dans le cas de 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla, tandis que dans le cas des cocons magnétisés à 0,4 tesla, la fécondité augmente jusqu'à 24 heures d'exposition et décline chez les cocons exposés jusqu'à 96 heures. La tendance d'augmentation de la fécondité est presque similaire à 0,1 et 0,2 tesla, tandis que chez les cocons magnétisés à 0,3 tesla, la fécondité est très élevée (Tableau I). L'application du champ magnétique dans le système biologique entraîne une augmentation des activités métaboliques (Alexander et Ganeshan, 1990) et accélère aussi le taux de transport des électrons constant dans la réaction du cytochrome oxydase (Blank, 1998). Dans une étude *in vitro*, le champ magnétique active l'enzyme glutamine déshydrogénase (Akoyundoglou, 1965). Le faible champ magnétique provoque un effet stimulateur, tandis qu'un champ magnétique plus élevé entraîne un effet inhibiteur sur le système biologique (Mulay et Mulay, 1964). Le champ magnétique est responsable de l'activation de l'enzyme carboxymutase (Young, 1969). Boe et Salunkhe (1963) ont remarqué des changements physiologiques dans le système biologique exposé au champ magnétique. Les activités lipase chez *Cucurbita maxima* augmentent quand on lui apporte de l'eau magnétisée (Todoran et coll., 1967). Magnétisation des œufs (Upadhyay et Tripathi, 2006). Le champ magnétique stimule le niveau de transcription où le champ interagit avec les électrons, en se déplaçant avec la paire de base de l'ADN (Blank, 1998). On en déduit donc que le niveau plus élevé de fécondité des papillons, obtenu par les cocons exposés au faible champ magnétique pourrait être dû à l'activation du système reproducteur qui mobilise la matière première pour la formation de l'œuf et augmente le taux métabolique, tandis que le champ magnétique plus élevé pourrait entraîner une réponse de stress, qui provoque la baisse de la fécondité chez les papillons *B. mori*.

Le changement du champ magnétique statique et de la durée d'exposition des œufs influence considérablement la durée d'incubation des œufs de *B. mori*. Chez les cocons magnétisés à 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla, la durée d'incubation baisse de plus en plus lentement, tandis que chez les cocons magnétisés à 0,4 tesla la durée d'incubation des œufs baisse légèrement jusqu'à 24 heures d'exposition, mais augmente à nouveau avec la durée d'exposition des cocons. La tendance de la variation de la durée d'incubation chez les cocons magnétisés à 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla a presque un profil similaire avec une durée d'exposition variable, tandis que chez les cocons exposés à 0,4 tesla, la tendance de la variation de la durée d'exposition est différente. Le faible champ magnétique agit sur les molécules enzymatiques et produit des changements de structure de l'enzyme qui est concerné par l'activation du système enzymatique, tandis qu'avec une force de champ magnétique élevée, le changement provoqué est négatif, l'enzyme est donc inhibé (Young et coll., 1969). La signification fonctionnelle de l'homologie de séquence peut être illustrée par le cytochrome, un fer contenant une protéine mitochondriale qui transfère les électrons pendant l'oxydation biologique dans les cellules eucaryotes (Dickerson, 1972). On en déduit donc que le champ magnétique faible pourrait influencer le système cytochrome à l'intérieur de la membrane mitochondriale interne, ce qui augmente le taux métabolique de la cellule embryonnaire, entraîne l'amélioration du taux de clivage et entraîne la

diminution de la durée embryonnaire. Le champ magnétique plus élevé pourrait entraîner un effet inhibiteur sur le clivage, le taux de clivage devient donc plus faible et entraîne une augmentation de la durée d'incubation.

La variation de la force du champ magnétique statique et de la durée d'exposition des cocons a une influence remarquable sur la capacité d'éclosion des œufs. Avec l'augmentation de la durée d'exposition des cocons, la capacité d'éclosion augmente chez les cocons magnétisés à 0,1 ; 0,2 et 0,3 tesla, tandis que chez les cocons magnétisés à 0,4 tesla, la tendance de la variation de la capacité d'éclosion est différente. La capacité d'éclosion des œufs augmente avec l'augmentation de la force du champ magnétique de 0,1 à 0,3 tesla, tandis qu'elle baisse chez les cocons exposés à 0,4 tesla avec la même durée d'exposition (Tableau IIIa). Le champ magnétique faible entraîne l'activation de l'activité de l'enzyme en raison des changements de structure de la molécule d'enzyme, tandis qu'un niveau élevé de champ magnétique entraîne des changements inhibiteurs dans la molécule d'enzyme et l'activité enzymatique est donc inhibée (Young et coll., 1969). On peut donc conclure qu'avec l'augmentation de la force du champ magnétique jusqu'à 0,3 tesla, le pourcentage de capacité d'éclosion des œufs augmente grâce à l'activation des activités enzymatiques pendant le stade embryonnaire. Cela pourrait être dû à l'augmentation de la teneur en chaleur dans les œufs grâce à l'augmentation du taux de métabolisme des cellules embryonnaires en raison de l'activation du système cytochrome avec le faible champ magnétique.

L'exposition des cocons *B. mori* en dessous d'une force magnétique de 0,3 tesla pendant 72 heures augmente donc l'activité vitale pendant les différents stades du ver à soie ; la durée d'incubation, la capacité d'éclosion des œufs et la fécondité du papillon sont donc au maximum de leur performance. Les connaissances biotechnologiques apportées par les révélations de cette étude pourraient constituer un aperçu de l'avenir des recherches biomagnétiques.

EFFICACY OF ANTAGONISTIC BACTERIA AS BIOCONTROL AGENT OVER CHEMICAL FORMULATIONS FOR CONTROL OF BACTERIOSIS AND VIROSIS IN TROPICAL TASAR SILKWORM, *ANTHERAEA MYLITTA* D.

D. K. ROY*, ALOK SAHAY, N. G. OJHA, AND D. CHAKRABORTY*

Silkworm Pathology, Central Tasar Research and Training Institute, Piskanagri, Ranchi-835303, Jharkhand, India

Terminalia arjuna, the primary food plant of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* D., possesses certain bacteria on the surface of leaf with antagonistic property. Foliar application of purified leaf surface antagonistic bacteria (LSM) during tasar silkworm rearing was found to develop resistance in the silkworm larvae against viral and bacterial infection. A technology was developed for foliar application of LSM for biological control of virosis and bacteriosis of silkworm larvae. To assess the compatibility of newly evolved microbial technology with chemicals the application of the antagonistic bacteria has been tried in combination with previously evolved chemical formulation and it was observed that LSM has been much effective when used singly and not compatible with any other formulations like Tasar Keet Oushadh (TKO), sodium hypochlorite (NaOCl) which are commercially exploited in tropical India for control of tasar silkworm diseases. The microbial technology resulted in improvement of tasar cocoon yield to the tune of 51.08% by virtue of reduction of larval mortality due to viral (50.13%) and bacterial diseases (65.89%). On the other hand the use of chemical formulation was effective for reduction of virosis to the tune of 27.91 – 34.54% and bacteriosis from 33.48 – 45.71% only. Thus the bio-control agent exhibited a better means for controlling silkworm diseases by 44.05% over the impact of NaOCl and 86.04% that of TKO. Increase in larval survivability by LSM was also reflected in the tasar cocoon yield that was enhanced by 61.95% over NaOCl and to 92.90% over TKO. LSM also contributed to a quality improvement in commercial characters of tasar cocoon.

Keywords: *Antheraea mylitta*, Virosis, Bacteriosis, Antagonistic bacteria, Biological control

INTRODUCTION

The phylloplane microflora or the commonly known leaf surface microflora of plants is characterized by specific microorganisms, which grow and reproduce on the leaves. The harbouring of microbial agents on plant surface capable of antagonizing the plant diseases of important crops are commercially exploited for protection of agricultural crops (Blakeman and Brodie, 1976; Kerr, 1980; Rishbeth, 1988). But there is not much work available from insect point of view. Tasar silkworm is very much susceptible to viral and bacterial diseases that are usually controlled by several chemical formulations evolved from time to time (Shukla *et al.*, 1994; Thangavelu *et al.*, 1995., Bansal *et al.*, 1996; Roy *et al.*, 2005). Since silkworm exclusively feeds on leaves of plants, involvement of the phylloplane microflora to the building up of silkworm health was thought to be beneficial. Based on this idea the phylloplane microflora of tasar food plant *Terminalia arjuna* was explored and a biological control measure has been developed out of the naturally occurring antagonistic bacteria of

* BSM & TC, Central Silk Board, Baripada, Mayurbhanj 757001 Odisha, India.

leaf surface to combat the bacterial and viral diseases of tasar silkworm (Roy *et al.*, 2000; Roy *et al.*, 2002). The field trial of the technology has also been successfully conducted at farmers' level in all the tasar growing states of India on a large scale (Roy *et al.*, 2006; Roy *et al.* 2009). The present study was designed to observe the efficacy and compatibility of the microbial technology with the previously evolved chemical formulations. The paper deals with the practical implication of the microbial technology over existing application of chemicals at the field level and its viability as an eco friendly practice for tasar silkworm disease management.

MATERIALS AND METHODS

The leaf surface antagonistic bacterium (LSM) was isolated from tasar food plant *T. arjuna*, purified, and was cultured in the laboratory giving its optimum growth condition standardized previously (Roy *et al.*, 2000). Antiviral activity of the leaf surface bacterium was evaluated against Cytoplasmic Polyhedrosis Virus (CPV) in indoor rearing condition following the method of Roy *et al.*, (2009). For this purpose one set of II instar silkworm (3×50 larvae) were fed with the suspension of freshly grown antagonistic bacteria (10^4 cells/ml). In 2nd set 5 days after feeding with the bacteria the larvae were fed with the suspension of CPV (10^5 cells/ml) that was freshly prepared by harvesting the polyhedral bodies from CPV infected larval population maintained in isolation. The third set of larvae was provided with CPV (10^5 cells/ml) only. Dead larvae with the symptoms of viral infection were separately collected daily from all the three lots and examined microscopically up to tenth day to ascertain the incidence of virosis. For outdoor application the antagonistic bacteria was first grown in nutrient broth medium (containing Peptone, 10g; Beef extract, 3g; Sodium chloride, 3g; Distilled water 1L; pH - 7.0) under shake culture mode (120 rpm in a orbital shaker). The cells were then harvested, washed and a desired concentration (10^7 cells/ml) of the bacteria was poured in ampoules that were kept in refrigerated condition ($10 - 12^\circ\text{C}$) till the day of application during rearing of silkworm in field condition. Previously evolved chemical formulations of the Central Tasar Research and Training Institute namely Tasar Keet Oushadh (TKO) and Sodium hypochlorite (NaOCl) were freshly prepared. The chemical constituents of the TKO (comprising Benzoic acid, 20g; para-Formaldehyde, 5g; Slaked Lime, 975 g for preparing 1 Kg of the formulation) were mixed properly, dried and packed before use. Fresh solution of Sodium hypochlorite (NaOCl) of desired concentrations (0.01%) was made from 4% stock solution (BDH make). Compatibility of the antagonistic bacterium with the chemical formulation was tested in the laboratory before application in field. For this purpose 10 ml nutrient broth medium was supplemented separately with different concentration of Sodium hypochlorite and TKO, inoculated with antagonistic bacteria and growth was measured after incubation for 24 hours at $35 \pm 2^\circ\text{C}$. Field application has been conducted as per the rearing schedule. The content of the LSM ampoule was mixed with 5 liter of soil water to make a suspension and the bacterial suspension was sprayed on the leaves along with the worms once in 2nd and 3rd instar of larval feeding standardized earlier (Roy *et al.*, 2006). TKO was dusted on the body during transfer of worms from one bush to another in every larval instar from II instar onwards (Thangavelu *et al.*, 1995, Sahay *et al.*, 2000). Similarly 0.01% NaOCl solution was spread on the leaves along with the worms once in 2nd, 3rd, 4th and twice in 5th instar (Bansal *et al.*, 1996, Sahay *et al.*, 2000)). A gap of 24 hours was given between two different treatments of LSM and chemical on the same larval lots. For outdoor rearing 5 replications of each treatment combinations having 150 worms each were used according to experimental design along with one set of control. Mortality due to virosis and bacteriosis was recorded daily during the entire rearing period along with cocoon harvest. Cocoon weight and shell weight were recorded after 20 days of harvest taking 50 samples randomly from each experimental lot.

RESULTS AND DISCUSSION

The newly evolved LSM technology has been considered as a viable one and suited in different agro-climatic conditions of tropical tasar growing zones in India (Roy *et al.*, 2008; 2009). In view of studying the impact of leaf surface antagonistic bacterium *vis a vis* chemical formulations and the compatibility of the leaf surface antagonistic bacteria with the previously evolved chemical formulations the antagonistic bacterium was first grown in *in vitro* condition in combination with chemical formulations (Thangavelu *et al.*, 1995; Bansal *et al.*, 1996). The chemical formulations were selected on the basis of their wide application and acceptability for prevention of tasar silkworm diseases in all tropical tasar cultivating states of India. From the results it may be observed that there has been a sharp decline in bacterial multiplication in the growth medium containing any of the chemicals like TKO or NaOCl (Figs. 1 and 2).

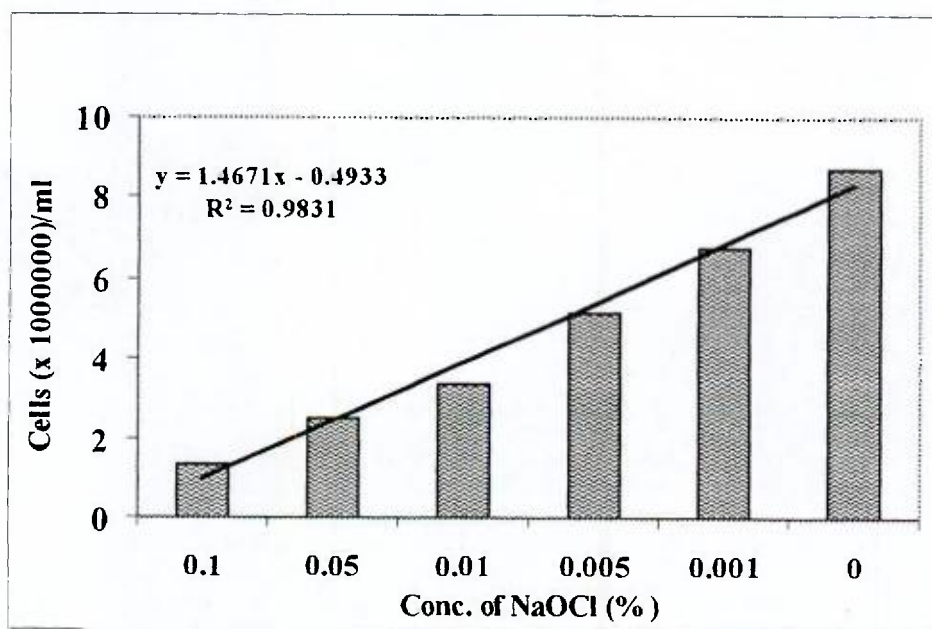


Fig.1. Growth of LSM in combination with NaOCl (*in vitro*).

Fig. 1. Croissance des LSM en combinaison avec le NaOCl (in vitro).

With the gradual reduction of the concentration of chemicals the growth of the bacteria enhanced. The efficacy of leaf surface bacteria as a bio-control has been tested together with TKO and Sodium hypochlorite (0.01%) in outdoor condition also. Field application of LSM and chemical formulation was conducted in two different seasons of tasar silkworm rearing, in I crop (June – July) and II crop (September – October) for three years. From the results it is evident that when used in combination with any of these chemicals the leaf surface bacterium was not very effective in preventing the bacterial or viral diseases of silkworm (Table I). The disease levels in the larval lots treated with antagonistic bacteria in combinations with chemicals were almost on par with that of other formulation used singly.

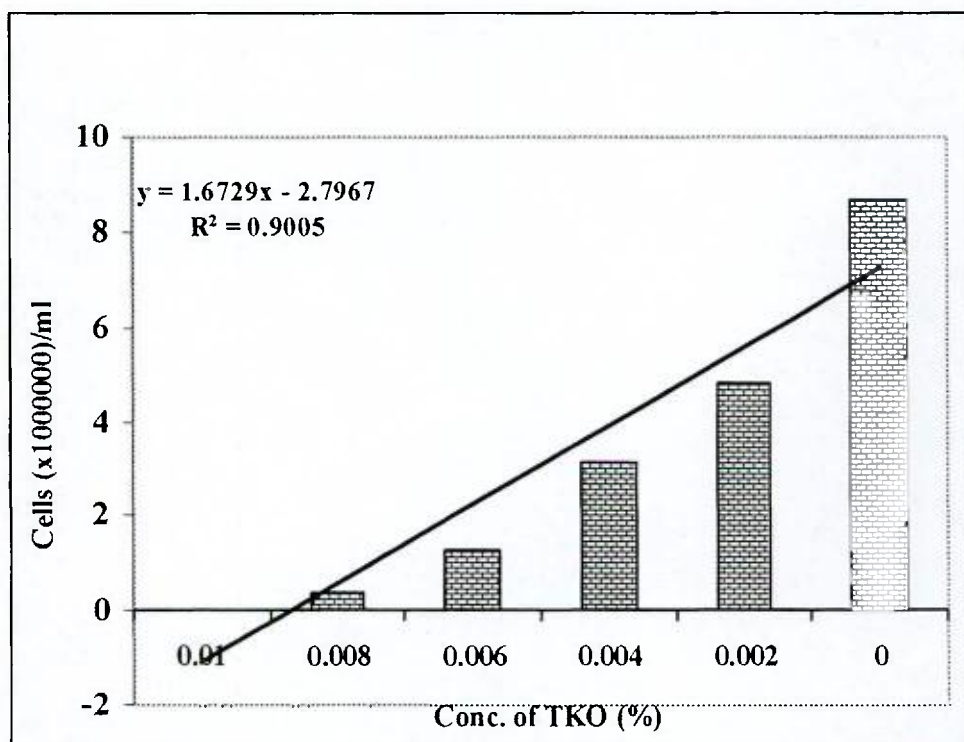


Fig. 2. Growth of LSM in combination with TKO (*in vitro*).

Fig. 2. Croissance des LSM en combinaison avec le TKO (*in vitro*).

The combination of antagonistic bacteria and 0.01% NaOCl has not been better for reducing the disease level, from 38.59 - 47.41% only, as has been done by antagonistic bacteria alone to the tune of 52.15 - 54.97 % in different seasons (Table I). During first crop, solitary application of LSM or NaOCl did not differ significantly among themselves in inhibiting virosis and bacteriosis. However during second crop their effectiveness indicates significant difference in controlling the diseases. Otherwise the action of the leaf antagonistic bacteria in its combining state with any other chemical got lowered. LSM in combination with NaOCl has the impact of LSM in controlling bacteriosis while the other combinations like LSM and TKO or TKO and NaOCl did not, but their application resulted in a significant decline in larval mortality due to bacteriosis over control. The antagonistic bacteria, when used singly as a bio-control agent, significantly reduced the incidence of bacteriosis (65.89 %) and virosis (50.13%) in silkworm larvae resulting to a significant improvement of cocoon yield to the tune of 51.08% over control in two crops (Table II). Thus foliar application of antagonistic bacteria was found to be superior over treatment with 0.01% NaOCl or TKO singly or in combination in both the aspects like disease control and cocoon yield. It is obvious from the result that efficacy of the antagonistic bacterium for reduction of diseases and cocoon yield have been 44.05 to 86.04% and 61.95 to 92.90% more over NaOCl and TKO respectively (Table II).

This clearly establishes the phenomenon that antagonistic action of the leaf surface microflora for biological control of diseases diminishes in presence of chemicals that could not be combined with leaf surface bacteria for further reduction of silkworm diseases. *Antheraea mylitta* was reported to be capable of responding to bacterial invasion by secreting antibacterial proteins (Nagaraju *et al.*, 1992-93) into haemolymph.

Table I. Effect of LSM and chemical formulation for control of bacteriosis and virosis in *Antheraea mylitta*.

Tableau I. Effet des LSM et de formulations chimiques dans la lutte contre les maladies bactériennes et virales chez *Antheraea mylitta*.

Treatment (Spraying/ Dusting)	Crop	Mortality due to diseases (%)			ERR (%)	Disease Reduction (%)	Yield Improvement (%)
		Virus	Bacteria	Total			
Traitement (Vaporisation / Saupoudrage)	Récolte	Mortalité due aux maladies (%)				Diminution de la maladie (%)	Amélioration du rendement (%)
		Virales	Bactériennes	Total			
LSM	Jun.-Jul. Juin / Juil.	18.60 ^b	3.60 ^b	22.20	52.20	52.15	51.86
NaOCl		24.60 ^{bc}	5.20 ^{bc}	29.80	45.00	35.77	30.05
TKO		26.00 ^{bc}	8.60 ^{ac}	34.60	43.00	25.43	24.27
LSM + NaOCl		20.60 ^{bc}	3.80 ^b	24.40	50.60	47.41	46.24
LSM + TKO		25.00 ^{bc}	7.40 ^c	32.40	43.60	30.17	24.27
TKO + NaOCl		27.60 ^c	8.00 ^c	35.60	41.20	23.27	19.07
Control / Témoin		35.40 ^a	11.00 ^a	46.40	34.60		
LSM	Sep.-Oct	13.20 ^b	2.20 ^b	15.40	69.60	54.97	51.30
NaOCl		17.20 ^c	3.80 ^c	21.00	61.20	38.59	33.04
TKO		19.80 ^d	3.40 ^{bc}	23.20	59.00	32.16	28.69
LSM + NaOCl		17.60 ^{cd}	3.40 ^{bc}	21.00	63.00	38.59	36.95
LSM + TKO		20.00 ^a	4.80 ^c	24.80	58.80	27.48	27.80
TKO + NaOCl		19.40 ^{cd}	4.20 ^c	23.60	61.20	30.99	33.04
Control / Témoin		28.00 ^a	6.20 ^a	34.20	46.00		

ERR: Effective Rate of Rearing / *Taux Effectif d'Elevage*.

Different superscripts indicate significant difference among different treatment groups (ANOVA one way at 5%). / Des exposants différents indiquent une différence significative entre les différents groupes de traitement (ANOVA à un facteur à 5 %).

In *Bombyx mori*, inhibition of nuclear polyhedrosis was obtained through bacterial growth products (Kobayashi, 1991). In this context it may be opined that maximization of the microbial inocula and the retention of their population on the food plants leaves was targeted against silkworm pathogens and it minimized the loss of worms reasonably.

It can also be seen that the impact of the biological control of silkworm diseases by the antagonistic bacteria was not only effective over chemical formulation for control of diseases and yield improvement but for improvement of commercial parameters also. With the use of bio-control agent increase in silk yield is a clear reflection of quality improvement in silkworm health which might have escaped the detrimental effect of chemicals on the eco system. It is clearly seen from the results that shell weight is significantly higher in antagonistic bacteria treated lots over chemical formulations and their combination as well (Fig. 3). Although the combination of antagonistic bacteria and sodium hypochlorite has given significantly high shell weight, however the solitary treatment of antagonistic bacteria gave a significantly higher shell weight than that of the lots treated with bacteria and chemicals combined.

Table II. Comparative impact of LSM and chemical formulations on tasar crop performance.

Tableau II. Impact comparatif des LSM et des formulations chimiques sur la récolte tasar.

Name of the Formulation	Percentage of Disease Reduction over control (Average of I & II crops)			Improvement of Disease reduction (%) by LSM over chemicals	Enhancement in ERR % by LSM and chemical	Yield improvement % by LSM over chemicals
	Virus	Bact.	Total			
<i>Nom de la formulation</i>	<i>Pourcentage de diminution de la maladie par rapport au témoin (Moyenne des récoltes I & II)</i>			<i>Amélioration de la diminution de la maladie (%) par les LSM par rapport aux produits chimiques</i>	<i>Amélioration du % ERR par les LSM et les produits chimiques</i>	<i>% d'amélioration du rendement par les LSM par rapport aux produits chimiques</i>
	<i>Virales</i>	<i>Bact.</i>	<i>Total</i>			
LSM	50.13	65.89	53.56		51.08	
NaOCl	34.54	45.71	37.18	44.05	31.54	61.95
TKO	27.91	33.48	28.79	86.04	26.48	92.90
LSM + NaOCl	39.47	55.30	43.00	24.55	41.59	22.81
LSM+ TKO	28.97	27.65	28.82	85.80	26.03	96.03
TKO + NaOCl	25.35	29.76	27.13	97.41	25.03	104.07

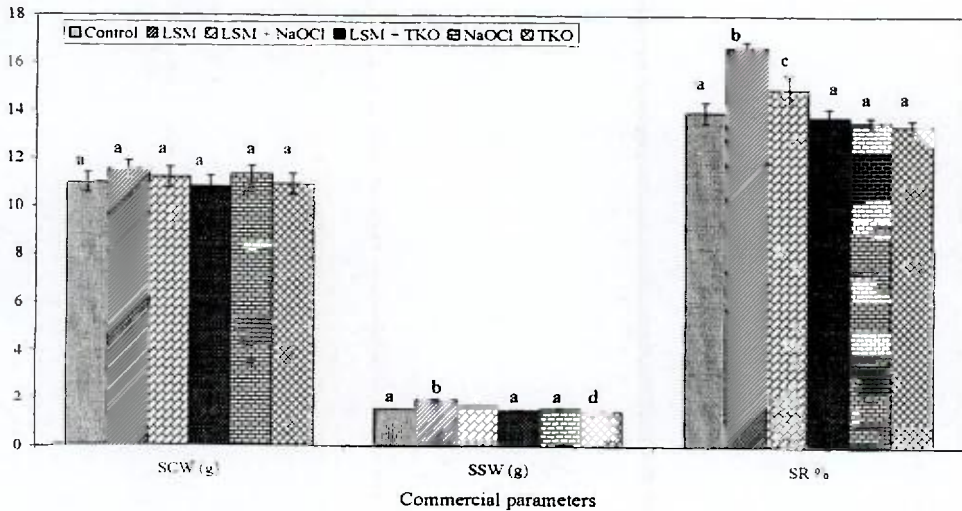


Fig. 3. Compatibility of the biocontrol agent and chemical formulation on commercial characters of *Antheraea mylitta*. Different alphabets show significant difference between treatments.

SCW- Single cocoon weight, SSW- Single shell weight, SR%- Shell ratio.

Fig. 3. Compatibilité de l'agent de lutte biologique et des formulations chimiques avec les caractères commerciaux d'*Antheraea mylitta*. Différents alphabets montrent une différence significative entre les traitements.

SCW : Poids du cocon. SSW : Poids d'une coque. SR % : Richesse soyeuse (%).

As a whole it may be inferred from the present study that a shift of application of chemicals formulation to bio-control device for protection of tasar silkworm has enabled this commercial silk insect to overcome the hazardous effects of the chemicals towards improving its natural behavior for better rearing performance.

REFERENCES

- BANSAL A. K., SHUKLA R. M., ROY D. K., SAXENA N. N., GOEL A. K., SINHA B. R. R. P. & SINHA S. S. (1996) Efficacy of Asiphor and sodium hypochlorite in controlling diseases of the tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. Bull. Sericult. Res. 7, 45-48.
- BLAKEMAN J. P. & BRODIE I. D. S (1976) Inhibition of pathogens by epiphytic bacteria of aerial plant surface; in Microbiology of Aerial Plant Surface. Dickinson, C. H. and T. F. Preece (eds.), pp. 529-557, Academic Press, London.
- KERR A. (1980) Biological control of crown gall through production of agrosin 84. *Plant Diseases* 64, 25-30.
- KOBAYASHI H. (1991) Effect of some bacteria on the infection of nuclear polyhedrosis virus in silkworm (*Bombyx mori*). Gumma J. Agri. Res. Ser. B. Seri. Jpn 8, 19-22.
- NAGARAJU J., ABRAHAM E. G., SETHURAMAN B. N. & DATTA R. K. (1992) Purification of an induced antibacterial protein from the haemolymph of wild silkworm *Antheraea mylitta*

- (Lepidoptera: Saturniidae); in *Wild Silkmths*. Akai, H., M. Kiuchi and J. Inouchi (eds.), pp. 23-30, International Society for Wild Silkmths.
- RISHBETH J. (1988) Biological control of air borne pathogens; in Biological control of pests, pathogens and weeds. Wood, R. K. S. and M. J. Way (eds), pp.155-177, The Royal society, London
- ROY D. K., BANSAL A. K., SAXENA N. N. & SINHA B. R. R. P. (2000) Biological control of tasar silkworm diseases with leaf surface antagonistic bacteria. *Int. J. Wild Silkmth and Silk* 5, 43-46.
- ROY D. K., SAHAY D. N., RAI S., SINHA B. R. R. P. & THANGAVELU K. (2002) Leaf microflora – A biological tool to control silkworm diseases. Proceedings of the National Conference on Strategies for Sericulture Research and Development. Dandin, S. B. and V. P. Gupta (eds.), pp. 378-382, Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, India.
- ROY D. K., SINGH G. P., SAHAY A., SAHAY D. N. & SURYANARAYANA N. (2005) Efficacy of certain antibiotics in controlling bacteriosis of tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. Proceedings of the 20th Congress of International Sericultural Commission. pp- 351-354 CSR & TI, Mysore, India
- ROY D. K., SAHAY ALOK, SINGH G. P., SAHAY D. N. & SURYANARAYANA N. (2006) Leaf surface microflora for tasar crop improvement. *Indian Silk* 45, 19-21.
- ROY D. K., SAHAY A., SINGH G. P., OJHA N. G. & VIJAYAPRAKASH N. B. (2008) Efficacy of leaf surface microbe, *Bacillus laterosporus* Laubach against bacterial diseases of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. 21st Congress of International Sericultural Commission p- 22, Athens, Greece.
- ROY D. K., SAHAY ALOK, SINGH G. P., OJHA N. G. & VIJAYAPRAKASH N. B. (2009) Development and transfer of microbial technology for protection of tasar cocoon crop at field level. *Sericologia* 49(3), 321-329
- SAHAY D. N., ROY D. K. & SAHAY A. (2000) Diseases of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D: Symptoms and Control Measures; in *Lessons on Tropical Tasar*. Thangavelu, K. (eds), pp. 61-79, Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi, India.
- SAHAY A., OJHA N. G., KULSHRESTHA V., SINGH G. P., ROY D. K. & SURYANARAYANA N. (2008) Application of sodium hypochlorite for controlling virosis and bacteriosis in tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. *Sericologia* 48, 71-79.
- SHUKLA R. M., BANSAL A. K., SAXENA N. N. & THANGAVELU K. (1994) Inhibitory effect of Drugs under evaluation for control of tasar silkworm diseases on infection of uzi fly *Blepharipa zebina* (Walk). Proceedings of the National Seminar on Biological Control of Insect Pests, pp.181-184.
- THANGAVELU K., BANSAL A. K., SHUKLA R. M., SAXENA N. N., JAYASWAL J. & GOEL A. K. (1995) Evaluation of some chemicals for prevention of diseases in tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury (Lepidoptera:Saturniidae). *Indian. J. Seric.* 34, 142-144.

EFFICACITE DES BACTERIES ANTAGONISTES COMME AGENT DE LUTTE BIOLOGIQUE PAR RAPPORT AUX FORMULATIONS CHIMIQUES POUR LUTTER CONTRE LES MALADIES BACTERIENNES ET VIRALES CHEZ LE VER A SOIE TASAR TROPICAL, *ANTHRAEA MYLITTA* D.

D. K. ROY*, ALOK SAHAY, N. G. OJHA & D. CHAKRABORTY*

Silkworm Pathology, Central Tasar Research & Training Institute, Piskanagri, Ranchi – 835 303, Jharkhand, Inde.

Terminalia arjuna, la plante hôte primaire du ver à soie tasar tropical *Antheraea mylitta* D. possède certaines bactéries sur la surface de sa feuille aux propriétés antagonistes. Il s'avère que l'application foliaire de bactéries antagonistes de la surface de la feuille (LSM) purifiées pendant l'élevage du ver à soie tasar développe une résistance chez les larves de ver à soie contre des infestations virales et bactériennes. Une technologie a été mise au point pour l'application foliaire de LSM dans la lutte biologique contre les maladies virales et bactériennes des larves de ver à soie. Pour évaluer la compatibilité de la technologie microbienne venant d'être mise au point avec les produits chimiques, on a essayé l'application de bactéries antagonistes en combinaison avec des formulations chimiques mises au point auparavant et on a observé que les LSM sont très efficaces quand on les utilise individuellement et elles ne sont pas compatibles avec n'importe quelle autre formulation comme le Tasar Keet Oushadh (TKO), l'hypochlorure de sodium (NaOCl), qui sont commercialement exploités dans l'Inde tropicale pour lutter contre les maladies du ver à soie tasar. La technologie microbienne a entraîné l'amélioration du rendement en cocons tasar de l'ordre de 51,08 % grâce à la diminution de la mortalité larvaire provoquée par les maladies virales (50,13 %) et bactériennes (65,89 %). D'autre part, l'utilisation d'une formulation chimique est efficace pour diminuer les maladies virales de l'ordre de 27,91 à 34,54 % et les maladies bactériennes de 33,48 à 45,71 % seulement. L'agent biologique représente donc un moyen pour lutter contre les maladies du ver à soie 44,05 % supérieur au NaOCl et 86,04 % supérieur au TKO. L'augmentation de la survie larvaire grâce aux LSM se reflète aussi par l'amélioration du rendement en cocons tasar de 61,95 % par rapport au NaOCl et de 92,90 % par rapport au TKO. Les LSM contribuent aussi à l'amélioration de la qualité des caractères commerciaux du cocon tasar.

INTRODUCTION

La microflore phylloplane ou la microflore couramment connue de la surface de la feuille des plantes est caractérisée par des micro-organismes spécifiques, qui croissent et se reproduisent sur les feuilles. Les agents microbiens abrités sur la surface de la feuille capables de contrarier les maladies des plantes de cultures importantes sont exploités commercialement pour la protection des cultures agricoles (Blakeman et Brodie, 1976 ; Kerr, 1980 ; Rishbeth, 1988). Mais, il n'existe pas beaucoup d'études du point de vue de l'insecte. Le ver à soie tasar est très sensible aux maladies virales et bactériennes contre lesquelles on lutte habituellement avec différentes formulations chimiques mises au point à l'occasion (Shukla et coll., 1994 ; Tahangavelu et coll., 1995 ; Bansal et coll., 1996 ; Roy et coll., 2005). Puisque le ver à soie se nourrit exclusivement sur les feuilles de plantes, on a pensé

* BSM & TC, Central Silk Board, Baripada, Mayurbhanj 757001, Odisha, Inde.

que l'implication de la microflore phylloplane serait bénéfique pour améliorer la santé du ver à soie. Compte tenu de cette idée, on a exploré la microflore phylloplane de la plante hôte du tasar, *Terminalia arjuna* et on a mis au point des mesures de lutte biologique à partir des bactéries antagonistes de la surface de la feuille qui existent dans la nature pour combattre les maladies bactériennes et virales du ver à soie tasar (Roy et coll., 2000 ; Roy et coll., 2002). L'essai de la technologie sur le terrain a aussi été réalisé à grande échelle au niveau des fermiers avec succès dans tous les Etats Indiens où on élève le tasar (Roy et coll., 2006 ; Roy et coll., 2009). Cette étude a été conçue pour observer l'efficacité et la compatibilité de la technologie microbienne avec les formulations chimiques déjà mises au point. L'article se penche sur les implications pratiques de la technologie microbienne par rapport à l'application sur le terrain de produits chimiques qui existent déjà et sur sa viabilité comme pratique non nuisible à l'environnement pour lutter contre les maladies du ver à soie.

MATERIELS ET METHODES

On isole les bactéries antagonistes de la surface de la feuille (LSM) de la plante hôte du tasar *T. arjuna*, on les purifie, et on les cultive en laboratoire pour leur donner leurs conditions optimales de croissance, standardisées auparavant (Roy et coll., 2000). On évalue l'activité antivirale des bactéries de la surface de la feuille contre le virus de la polyédrose nucléaire (CPV) dans des conditions d'élevage à l'intérieur, en suivant la méthode de Roy et coll., (2009). Dans ce but, on nourrit un lot de vers du 2^{ème} âge (3×50 larves) avec une suspension de bactéries antagonistes venant d'être cultivées (10^4 cellules / ml). Dans le 2^{ème} lot, 5 jours après les avoir nourries avec les bactéries, on administre aux larves la suspension de CPV (10^5 cellules / ml) venant d'être préparée, en recueillant les corps polyédraux d'une population larvaire infestée par CPV maintenue en isolement. Chez le 3^{ème} lot, on n'administre que CPV (10^5 cellules / ml). On recueille quotidiennement les larves mortes avec les symptômes de l'infestation virale séparément sur les trois lots et on les examine au microscope jusqu'au dixième jour pour s'assurer de l'incidence de la maladie virale. Pour l'application à l'extérieur, on cultive d'abord les bactéries antagonistes dans un bouillon de culture nutritif (contenant de la peptone, 10 g ; de l'extrait de bœuf, 3 g ; du chlorure de sodium, 3 g ; de l'eau distillée 1 litre ; p H = 7,0) selon un mode de culture avec secoueuse (120 tpm dans une secoueuse orbitale). Puis, on recueille les cellules, on les lave et on verse la concentration désirée de bactéries (10^7 cellules / ml) dans des ampoules, qui sont conservées dans des conditions réfrigérées (10 – 12° C) jusqu'au jour de l'application pendant l'élevage dans des conditions de terrain. On prépare des formulations chimiques fraîches mises au point par le *Central Tasar Research and Training Institute*, à savoir le Tasar Keet Oushadh (TKO) et de l'hypochlorure de sodium (NaOCl). Les constituants chimiques du TKO (comportant de l'acide benzoïque, 20 g ; du paraformaldéhyde, 5 g ; de la chaux éteinte, 975 g pour préparer 1 kg de formulation) sont correctement mélangés, séchés et emballés avant utilisation. On prépare une solution fraîche d'hypochlorure de sodium (NaOCl) aux concentrations désirées (0,01 %) à partir d'une solution mère à 4 % (faite par BDH). On teste la compatibilité des bactéries antagonistes avec les formulations chimiques en laboratoire, avant l'application sur le terrain. Dans ce but, on complète 10 ml de milieu de bouillon nutritif séparément avec les différentes concentrations d'hypochlorure de sodium et de TKO, on l'inocule à des bactéries antagonistes et on mesure la croissance après l'incubation pendant 24 h à $35 \pm 2^\circ \text{C}$. On réalise l'application sur le terrain d'après le calendrier d'élevage. On mélange le contenu d'une ampoule LSM avec 5 l d'eau du sol pour réaliser une suspension et on vaporise la suspension bactérienne sur les feuilles et sur les vers une fois pendant l'alimentation des larves du 2^{ème} et du 3^{ème} âges standardisée précédemment (Roy et coll., 2006). On saupoudre le TKO sur le corps pendant le transfert des vers d'un buisson à l'autre pendant chaque âge larvaire à partir du 2^{ème} âge (Thangavelu et coll., 1995, Sahay et coll., 2000). De même, on étale une solution NaOCl à 0,01 % sur les feuilles et les vers une fois pendant le 2^{ème}, le 3^{ème}, le 4^{ème} âge et deux fois pendant le 5^{ème} âge (Bansal et coll., 1996, Sahay et coll., 2000). On laisse un délai de

24 heures entre deux différents traitements de LSM et de produits chimiques chez les mêmes lots larvaires. Pour l'élevage à l'extérieur, on utilise 5 répétitions de chaque combinaison de traitement, contenant chacune 150 vers selon la conception expérimentale avec un lot témoin. On enregistre quotidiennement la mortalité due aux maladies virales et bactériennes pendant toute la période d'élevage ainsi que le nombre de cocons récoltés. On enregistre le poids du cocon et le poids de la coque après 20 jours de récolte, en prenant 50 échantillons de manière aléatoire de chaque lot expérimental.

RESULTATS ET DISCUSSION

La technologie LSM venant d'être mise au point a été considérée comme viable et adaptée aux différentes conditions agroclimatiques des zones d'élevage du tasar tropical en Inde (Roy et coll., 2008, 2009). Compte tenu de l'étude de l'impact des bactéries antagonistes de la surface de la feuille par rapport aux formulations chimiques et de la compatibilité des bactéries antagonistes avec les formulations chimiques précédemment mises au point, on cultive d'abord les bactéries antagonistes dans des conditions *in vitro* en combinaison avec les formulations chimiques (Thangavelu et coll., 1995 Bansal et coll., 1996). On sélectionne les formulations chimiques sur la base de leurs application et acceptabilité importantes dans la prévention des maladies du ver à soie tasar dans tous les Etats indiens où l'on élève le tasar. D'après les résultats, on peut observer qu'il y a un brusque déclin de la multiplication bactérienne dans le milieu de croissance contenant n'importe lesquels des produits chimiques, c'est-à-dire le TKO ou le NaOCl (Figs. 1 et 2).

Avec la diminution progressive de la concentration des produits chimiques, la croissance des bactéries s'améliore. On a aussi testé l'efficacité des bactéries de la surface de la feuille comme agent biologique avec le TKO et l'hypochlorure de sodium (0,01 %) dans les conditions à l'extérieur. On réalise l'application de LSM et de formulations chimiques sur le terrain pendant deux saisons différentes d'élevage du tasar, pendant le premier élevage (juin-juillet) et pendant le deuxième élevage (septembre-octobre) pendant trois ans. D'après les résultats, il est évident que quand on les utilise en combinaison avec n'importe lequel de ces produits chimiques, les bactéries de la surface de la feuille ne sont pas très efficaces pour empêcher les maladies bactériennes ou virales du ver à soie (Tableau I). Les niveaux de maladie chez les lots larvaires traités avec les bactéries antagonistes en combinaison avec les produits chimiques sont presque égaux à ceux avec les formulations chimiques utilisées individuellement.

La combinaison des bactéries antagonistes et de NaOCl à 0,01 % n'est pas mieux pour diminuer le niveau de maladie de 38,59 - 47,41 % seulement, comme le font les bactéries antagonistes seules au niveau de 52,15-54,97 % pendant les différentes saisons (Tableau I). Pendant le premier élevage, il n'y a pas de différence significative entre l'application unique de LSM ou de NaOCl dans l'inhibition des maladies virales et bactériennes. Cependant, pendant le deuxième élevage, leur efficacité indique une différence significative dans la lutte contre les maladies. Autrement, l'action des bactéries antagonistes de la feuille en combinaison avec n'importe quel produit chimique baisse. Les LSM en combinaison avec le NaOCl ont le même impact que les LSM dans la lutte contre les maladies bactériennes, tandis que ce n'est pas le cas pour les autres combinaisons comme LSM et TKO ou le TKO ou le NaOCl mais leur application entraîne une baisse significative de la mortalité larvaire provoquée par la maladie bactérienne par rapport au témoin. Les bactéries antagonistes utilisées seules comme agent de lutte biologique, diminuent significativement l'incidence des maladies bactériennes (65,89 %) et virales (50,13 %) chez les larves de vers à soie, ce qui entraîne une amélioration significative du rendement en cocons de l'ordre de 51,08 % par rapport au témoin pendant les deux élevages (Tableau II). L'application foliaire de bactéries antagonistes s'avère donc être supérieure par rapport au traitement avec du NaOCl ou du TKO à 0,01 % individuellement ou en combinaison pour les deux aspects, c'est à dire dans la lutte contre les maladies et pour le rendement

en cocons. Il est évident d'après les résultats que les bactéries antagonistes sont 44,05 à 86,04 % plus efficaces respectivement que le NaOCl et le TKO dans la diminution des maladies et 61,95 à 92,90 % plus efficaces dans l'amélioration du rendement que respectivement le NaOCl et le TKO (Tableau II).

Cela montre clairement que l'action antagoniste de la microflore de la surface de la feuille dans la lutte biologique contre les maladies diminue en présence des substances chimiques que l'on ne peut pas combiner avec les bactéries de la surface de la feuille pour d'avantage diminuer les maladies du ver à soie. On a rapporté qu'*Antheraea mylitta* est capable de répondre à l'invasion bactérienne en sécrétant des protéines antibactériennes (Nagaraju et coll., 1992-93) dans l'hémolymphe.

Chez *Bombyx mori*, on parvient à l'inhibition de la polyédrose nucléaire au moyen de produits de croissance bactérienne (Kobayashi, 1991). Dans ce contexte, on peut émettre l'opinion que la maximisation de l'inoculum microbien et la rétention de leur population sur les feuilles des plantes hôtes sont ciblées contre les pathogènes du ver à soie, ce qui minimise les pertes de vers à soie de manière raisonnable.

On peut aussi constater que l'impact des bactéries antagonistes dans la lutte biologique contre les maladies du ver à soie n'est pas seulement efficace par rapport aux formulations chimiques pour lutter contre les maladies et pour améliorer le rendement, mais aussi pour améliorer les paramètres commerciaux. Avec l'utilisation de l'agent de lutte biologique, l'amélioration de la qualité de la santé du ver à soie se reflète clairement par l'augmentation du rendement en soie, qui pourrait avoir échappé à l'effet néfaste des substances chimiques sur l'éco-système. Il est clair d'après les résultats, que le poids de la coque est significativement plus élevé chez les lots traités avec les bactéries antagonistes qu'avec des formulations chimiques ou les combinaisons des deux (Fig. 3). Bien que la combinaison de bactéries antagonistes et d'hypochlorure de sodium ait donné un poids de coque significativement élevé, le traitement unique avec des bactéries antagonistes a cependant donné un poids de coque significativement plus élevé que celui des lots traités avec une combinaison de bactéries et de produits chimiques.

Dans l'ensemble, on peut conclure d'après cette étude que le passage de l'application de formulations chimiques à un système de lutte biologique dans la protection du ver à soie tassar a permis à cet insecte commercial producteur de soie de surmonter les effets risqués des produits chimiques, en améliorant son comportement naturel et sa performance d'élevage.

COMMERCIAL FEASIBILITY OF A NEW TROPICAL TASAR SILKWORM RACE **JATA**, *ANTHERAEA MYLITTA* DRURY

R. MANOHAR REDDY, B. TARAKANADHA, A. K. SINHA AND N. B. VIJAYA PRAKASH

Central Tasar Research and Training Institute, Central Silk Board, Govt. of India, Piskanagri PO, RANCHI - 835 303, (Jharkhand), India.

*The tropical tasar wild race, JATA of *Antheraea mylitta* Drury is univoltine, found under in-situ habitat of Simlipal biosphere, India; reveals superior traits over commercially applied Daba and Sukinda. The extensive collection of natural grown cocoons leads to population declination and there is a greater need to protect the endangered genetic diversity from extinction. The efforts to conserve race through ex-situ and viability studies conducted on economic plantations of *Terminalia tomentosa* at Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi, India exhibited bivoltine status with improved yield of cocoons (55 to 64 nos), total silk yield (74.7 to 97.4 g), consistent moth emergence (77.3%) and coupling (82.5%). The combinations of selected pupal weights showed better fecundity (244 eggs), egg hatching (86.1%) and fertility (95.8%). The race showed heterosis potential in fecundity (+ 35.8%), egg hatching (+ 25.2%), shell weight (+ 45.1%) and silk ratio (+30.5%) at F1 level; improved egg hatching (+19.9%) and reduced filament denier (– 6.6%) on backcrossing with Daba ecorace. The viable and stable performance of Jata race offers obvious scope of ex-situ adaptation and commercial feasibility.*

Keywords: *Antheraea mylitta*, Jata race, Commercial feasibility, Ex-situ / In-situ conservation.

INTRODUCTION

The tasar silk is produced by a wild sericigenous insect, *Antheraea mylitta* Drury; (Lepidoptera: Saturniidae) distributed all along central India (12-31°N latitude & 72-96°E longitude). The insect feeds primarily on *Shorea robusta* (Sal), *Terminalia tomentosa* (Asan) and *Terminalia arjuna* (Arjun) in addition to secondary and tertiary food plants (Suryanarayana *et al.*, 2005). The wider distribution of species in diverse environmental niche formed in to 44 ecoraces of varied phenotypic, physiological and behavioral characters (Nayak *et al.*, 2000; Yadav *et al.*, 2001; Suryanarayana and Srivastava, 2005). However, Daba and Sukinda ecoraces are only commercially applied so far and of late, JATA race with superior commercial traits, found used at Simlipal biosphere of Orissa, India (Hansda *et al.* 2008; Rout *et al.* 2008). The ecoraces of each region must be identified in order to use their genetic resources for commercial varieties to enhance productivity (Aruga, 1994; Mirhoseini *et al.*, 2004). The potential phenotypic expression of breed desires suitable climate and the relationship is genotype and environment interaction (Srivastava *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2007; Kumar *et al.*, 2008). Genetic variation of a variety reflects through a trait, which can be used to monitor and promote efficient conservation and its utilization (Moorthy *et al.*, 2007). Individual variety serves as genetic resource and variability to build variation in new population following hybridization and this diversity cannot be recreated once it is extinct (Kumaresan *et al.*, 2004). The rising global demand for Vanya (wild) silks, vast availability of naturally grown food plants; limited commercial rearing race options demand exploration of potential tasar races. In view of this, the present study has been carried out to ascertain ex-situ feasibility of JATA race on adaptation and stabilization for commercial exploitation.

MATERIALS AND METHODS

About 200 nature grown cocoons of 'Jata' race collected through Thakurmunda, Kendujuni, Mohuldiha and Kuldiha areas of Tasar Rearer's Cooperative Society (TRCS), Orissa, India during April, 2006 were assessed for phenotypic and commercial traits in comparison with commercially exploited ecoraces of Daba and Sukinda procured from their natural ecozones. Grainage activity was conducted with integrated package of seed production in grainage house and layings (Dfls) were reared as per integrated package of tasar rearing to assess *ex-situ* performance of Jata race on economic plantation of *T. tomentosa* for three successive years, at Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi (CTR&TI), India to rose stocks of Jata cocoons for further studies. The pupae made into three groups based on weight as lower pupal weight [LPW], middle pupal weight [MPW] and higher pupal weight [HPW]; the females and males of middle pupal weight [MPW] were mated separately with the males and females of three groups i.e. LPW, MPW, HPW and random (no selection) mating group as control to study the correlation between reproductive performance and pupal weights / combinations. The ecorace wise selfing, general and selective F1 hybrid combinations were prepared along with their reciprocals based on pupal/ shell weights between Jata and Daba races to study heterosis effect on commercial traits. The female of Jata race crossed with male of Daba race to get F1 [J × D] and females of F1 and BC1 progenies were back crossed with Daba male to obtain BC1 and BC2 hybrids to study introgression levels on egg hatching, total silk yield and silk filament denier. To study specific introgression impact of egg hatching along with fecundity, selective back crossing was made on basis of high pupal weight female × high pupal weight male as [P × P] among F1, BC1 and BC2 hybrids. The studies were conducted with three replications each and observations recorded were analyzed using standard statistical methods.

RESULTS AND DISCUSSION

The origin and characteristics of Jata, Daba and Sukinda races (Table I) show broad demarcation in their rearing or natural cocoon available areas, altitudes, voltinism, food plants, adaptability levels, cocoon colour and price. This indicate the dominance of Jata race over both semi domesticated Daba and Sukinda ecoraces except for egg hatching, cocoon yield and filament denier. The rearing and grainage performance of Jata race under *ex-situ* conditions (Table II) showed consistency over six rearings conducted during 2006 to 2008. The race under *ex-situ* conditions showed consistency in cocoon yield with improvement up to 58 cocoons per dfl against 17 under *in-situ* condition. Moreover, Jata race behaved as bivoltine, against its univoltinism under *in-situ* conditions and recorded better shell weight and silk ratio over Sukinda ecorace, while retaining cocoon yield per dfl. The race recorded an average of 77.3% moth emergence and 82.5% coupling over six consecutive generations.

The results on reproductive performance of low, middle and high pupal weight groups of males against middle pupal weight group of females in Jata race (Table III) indicates improvement of fecundity (+9.5%), hatching (+25.1%) and fertility (+4.1%) in middle pupal weight group of males over random mated group. The low, middle and high pupal weight group of females against middle pupal weight group of males indicate improvement of fecundity (+22.0%), hatching (+13.7%) and fertility (+1.1%) in middle pupal group of males over the random mated group. However, least efficiency was recorded in all parameters of higher pupal weight group of males and lower pupal weight group of females. The performance among male pupal weight groups were found descending from middle, random, lower and higher, while it was from middle, random, higher and lower among female weight groups.

Table I. Origin and characteristics of Jata, Daba and Sukinda races under *in-situ* conditions.
Tableau I. Origines et caractéristiques des races Jata, Daba et Sukinda dans des conditions *in situ*.

Particulars / Characters			
Détails / Caractéristiques	Jata	Daba	Sukinda
Place of origin / <i>Lieu d'origine</i>	Thakurmunda (Orissa)	Singhbhum (Jharkhand)	Sukindagarh (Orissa)
Altitude (AMSL)	305 m	152 m	107 m
Place of use / <i>Lieu d'utilisation</i>	Thakurmunda	Entire tasar areas <i>Toutes les zones du tasar</i>	Entire tasar areas <i>Toutes les zones du tasar</i>
Voltinism / <i>Voltinisme</i>	Univoltine <i>Monovoltin</i>	Bi & Trivoltine <i>Bi & trivoltin</i>	Trivoltine <i>Trivoltin</i>
Rate per cocoon* / <i>Prix du cocon*</i>	Rs.2.50	Rs.1.50	Rs.0.60
Fecundity (no.) / <i>Fécondité (nbre)</i>	315	200	195
Egg hatching (%) / <i>Eclosion des oeufs (%)</i>	45	80	85
Cocoon yield / dfl (no.) <i>Rendement en cocons / ponte saine (nbre)</i>	17	65	55
Cocoon weight (g) / <i>Poids du cocon (g)</i>	13.52	10.63	10.19
Shell weight (g) / <i>Poids de la coque (g)</i>	2.35	1.80	1.30
Silk ratio (%) / <i>Richesse soyeuse (%)</i>	17.45	15.00	12.16
Total silk yield/ Dfl (g) / <i>Rendement total en soie / ponte saine (g)</i>	39.9	117.0	71.5
Filament length (m) / <i>Longueur du filament (m)</i>	1184	962	870
Non-breakable filament (m) / <i>Filament sans casse (m)</i>	325	230	210
Filament denier (d) / <i>Titre du filament (d)</i>	12	10	10

* (1 \$= Rs.49)

The relative heterosis for fecundity (Table IV) was found positive in Jata × Daba [PxP] selective F1 hybrid combination (+35.8%) followed by its reciprocal (+22.1%) and Daba × Jata random combinations (+17.5%). Highest heterosis for egg hatching was recorded in Daba × Jata random

combination (+25.2%) followed by Daba x Jata [P x P] (+14.6%) and Daba x Jata [P x S] (+12.9%), while the heterosis was negative in Jata x Daba combinations. Highest heterosis for shell weight was recorded in Daba x Jata [S x S] (45.1%) followed by Daba x Jata random (+34.8%), Jata x Daba [S x S] (+33.5%) and Jata x Daba random (+27.4%). However, the relative heterosis for silk ratio was highest in Daba x Jata random (+30.5%) followed by Jata x Daba [S x S] (+27.9%), Daba x Jata [S x S] (+26.9%) and Jata x Daba random (+24.2%).

Table II. Year wise average performance of 'Jata' race under *ex-situ* conditions (values are mean and $\pm$ SE).

Tableau II. Performance moyenne de la race « Jata » en fonction des années dans des conditions *ex situ* (les valeurs sont la moyenne $\pm$ l'écart type).

Parameters	Years / Années			Average Moyenne
Paramètres	2006	2007	2008	
Moth emergence (%) <i>Emergence des papillons (%)</i>	74.9 $\pm$ 15.0	76.6 $\pm$ 10.7	80.2 $\pm$ 9.3	77.3
Moth coupling (%) <i>Accouplement des papillons (%)</i>	77.7 $\pm$ 11.9	84.1 $\pm$ 11.1	85.6 $\pm$ 8.2	82.5
Fecundity (no.) / <i>Fécondité (nbre)</i>	213 $\pm$ 15.9	205 $\pm$ 16.5	247 $\pm$ 9.7	222
Egg hatching (%) / <i>Ecllosion des oeufs (%)</i>	52.5 $\pm$ 10.4	59.1 $\pm$ 9.8	71.5 $\pm$ 7.3	61.0
Cocoon yield / dfl (no.) <i>Rendement en cocons / ponte saine (nbre)</i>	56 $\pm$ 7.4	55 $\pm$ 6.2	64 $\pm$ 7.9	58.0
Cocoon weight (g) / <i>Poids du cocon (g)</i>	10.23 $\pm$ 0.40	9.84 $\pm$ 0.39	10.28 $\pm$ 0.46	10.1
Shell weight (g) / <i>Poids de la coque (g)</i>	1.37 $\pm$ 0.12	1.42 $\pm$ 0.13	1.56 $\pm$ 0.14	01.4
Silk Ratio (%) / <i>Richesse soyeuse (%)</i>	13.11 $\pm$ 0.33	14.37 $\pm$ 0.66	14.99 $\pm$ 0.66	14.2
Total silk yield / Dfl (g) <i>Rendement total en soie / ponte saine (g)</i>	75.1 $\pm$ 7.7	74.7 $\pm$ 9.4	97.4 $\pm$ 8.1	82.4

The results of Jata x Daba backcross hybrids over donor Daba parent (Table V) showed enhanced performance of egg hatching and fecundity in selective high pupal hybrids [P x P] over general hybrids [G]. But, egg hatching was negative in all general and high pupal hybrids except at BC2 level (+6.0%) in high pupal combination, where it improved over the donor parent. The deviation in fecundity was negative in F1 and marginally positive in BC1, BC2 levels (+1.7 & +5.4%) of general hybrid and F1, BC1 levels (+10.8 & +7.1%) of high pupal hybrid, except for better improvement at BC2 level (+19.9%) in high pupal hybrid. The results of Jata x Daba backcross hybrids over recipient Jata parent

showed very little improvement of egg hatching and fecundity in selective high pupal hybrids [P×P] over general hybrids [G]. The egg hatching was negative in F1, BC1 levels, but insignificant positive increase was noticed at BC2 level among general hybrids. However, egg hatching was improved among high pupal hybrid at BC2 level (+19.9%) followed by BC1 (+7.1%) over recipient parent. The fecundity has been improved over recipient parent only at BC2 level (+8.6%) in high pupal hybrid, while it was negative at all levels except at F1 level.

Table III. Performance of different pupal combinations of males & females in Jata race (values are mean, $\pm$ SE and % change over control).

Tableau III. Performance des différentes combinaisons nymphales de mâles et de femelles chez la race Jata (les valeurs sont la moyenne, $\pm$ l'écart type et le % de changement par rapport au témoin).

Pupal group	Male pupal (g) weight	Fecundity (nos)	Hatching (%)	Fertility (%)
<i>Groupe nymphal</i>	<i>Poids de la chrysalide mâle (g)</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Fertilité (%)</i>
Random (C) <i>Aléatoire (C)</i>	No selection <i>Pas de sélection</i>	200 $\pm$ 6.1	68.8 $\pm$ 1.5	92.0 $\pm$ 0.8
Lower weight <i>Poids inférieur</i>	5.65 - 6.50	195 $\pm$ 7.7 (- 02.5)	66.1 $\pm$ 2.0 (- 03.9)	87.4 $\pm$ 1.5 (- 05.0)
Middle weight <i>Poids moyen</i>	6.75 - 7.70	219 $\pm$ 5.7 (+ 09.5)	86.1 $\pm$ 2.4 (+25.1)	95.8 $\pm$ 0.8 (+ 04.1)
Higher weight <i>Poids supérieur</i>	7.85 - 8.65	166 $\pm$ 15.1 (- 17.0)	63.1 $\pm$ 3.5 (- 08.3)	80.5 $\pm$ 2.5 (- 12.5)
Pupal group	Female pupal weight (g)	Fecundity (nos)	Hatching (%)	Fertility (%)
<i>Groupe nymphal</i>	<i>Poids de la chrysalide femelle (g)</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Fertilité (%)</i>
Random (C) <i>Aléatoire (C)</i>	No selection <i>Pas de sélection</i>	200 $\pm$ 6.1	68.8 $\pm$ 1.5	92.0 $\pm$ 0.7
Lower weight <i>Poids inférieur</i>	8.60 - 9.30	128 $\pm$ 6.6 (- 36.0)	64.4 $\pm$ 3.5 (- 06.4)	81.7 $\pm$ 1.5 (- 11.2)
Middle weight <i>Poids moyen</i>	9.50 - 11.30	244 $\pm$ 7.4 (+ 22.0)	78.2 $\pm$ 2.1 (+13.7)	92.9 $\pm$ 1.3 (+ 01.1)
Higher weight <i>Poids supérieur</i>	11.50 - 12.35	202 $\pm$ 10.4 (+01.0)	66.0 $\pm$ 2.8 (- 04.1)	86.0 $\pm$ 0.7 (- 06.5)

Table IV. Levels of relative heterosis (in %) in general and specific F1 hybrids.

Tableau IV. Niveaux d'hétérosis relative (en %) chez les hybrides F1 généraux et spécifiques.

Combination	Fecundity (no.)	Hatching (%)	Shell weight (g)	Silk ratio (%)
<i>Combinaison</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>	<i>Eclosion (%)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>
Jata × Daba [Random / Aléatoire]	+ 01.7	- 04.0	+ 27.4	+ 24.2
Jata × Daba [P × P] (High Pupal weight female & High Pupal weight male) (Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids nymphal élevé)	+35.8	- 38.8	- 32.9	- 25.4
Jata × Daba [P × S] (High Pupal weight female & High Shell weight male) (Femelle à poids nymphal élevé & Mâle à poids de coque élevé)	+11.1	- 24.5	+ 09.1	+ 01.7
Jata × Daba [S×S] (High Shell weight female & High Shell weight male) (Femelle à poids de coque élevé & Mâle à poids de coque élevé)	- 15.7	- 01.6	+ 33.5	+ 27.9
Daba × Jata [Random / Aléatoire]	+17.5	+ 25.2	+34.8	+ 30.5
Daba × Jata [P × P] (High Pupal weight female & High Pupal weight male) (Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids nymphal élevé)	+22.1	+14.6	- 30.5	-30.2
Daba × Jata [P × S] (High Pupal weight female & High Shell weight male) (Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids de coque élevé)	+ 00.4	+ 12.9	+ 13.4	+ 02.1
Daba × Jata [S×S] (High Shell weight female & High Shell weight male) (Femelle à poids de coque élevé & mâle à poids de coque élevé)	- 03.8	+ 00.9	+ 45.1	+ 26.9

Table V. Performance levels of backcross and hybrids [F1, BC1 & BC2] (values are mean, $\pm$ SE and % change over donor and recipient parents).

Tableau V. Niveaux de performance des hybrides et des rétrocroisements [F1, BC1 et BC2] (les valeurs sont la moyenne, $\pm$ l'écart type et le % de changement par rapport aux parents donneur et récepteur).

Parent/ hybrid status	Crop / season	Fecundity (nos)	Hatching (%)
Parent / type d'hybride	Récolte / saison	Fécondité (nbre)	Eclosion (%)
DABA (D) Donor parent / Parent donneur	Seed crop Jul / Aug '06 <i>Récolte de grainage Juillet / Août 06</i>	241 $\pm$ 10.5	73.82 $\pm$ 2.1
JATA (R) Recipient parent / Parent récepteur	Seed crop Jul / Aug '06 <i>Récolte de grainage Juil / Août 06</i>	266 $\pm$ 7.9	65.24 $\pm$ 2.8
Jata $\times$ Daba F1 (G) General hybrid / Hybride général	Commercial crop Sep/Nov '06 <i>Récolte commerciale Sep / Nov 06</i>	239 $\pm$ 7.9 (-0.90) (-10.1)	61.09 $\pm$ 1.5 (-17.2) (-06.4)
Jata $\times$ Daba F1 (PxP) (High Pupal weight female & High Pupal weight male) <i>Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids nymphal élevé</i>	Commercial crop Sep/Nov '06 <i>Récolte commerciale Sep / Nov 06</i>	267 $\pm$ 16.0 (+10.8) (+0.40)	62.38 $\pm$ 1.4 (-15.8) (-04.4)
Jata $\times$ Daba BC1 (G) General hybrid <i>Hybride général</i>	Seed crop Jul / August 07 <i>Récolte de grainage Juil / Août 07</i>	245 $\pm$ 8.9 (+01.7) (-07.9)	65.15 $\pm$ 2.0 (-12.7) (-0.14)
Jata $\times$ Daba BC1 (PxP) (High Pupal weight female & High Pupal weight male) <i>(Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids nymphal élevé)</i>	Seed crop Jul / Aug. 07 <i>Récolte de grainage Juil / Août 07</i>	258 $\pm$ 9.8 (+07.1) (-03.0)	69.85 $\pm$ 0.45 (-05.4) (+07.1)
Jata $\times$ Daba BC2 (G) General hybrid / Hybride général	Commercial crop <i>Récolte commerciale</i> Sep/Nov '07	254 $\pm$ 7.8 (+05.4) (-04.5)	64.45 $\pm$ 0.84 (-12.6) (+0.32)
Jata $\times$ Daba BC2 (PxP) (High Pupal weight female & High Pupal weight male) <i>(Femelle à poids nymphal élevé & mâle à poids nymphal élevé)</i>	Commercial crop Sep/Nov '07 <i>Récolte commerciale Sep / Nov 07</i>	289 $\pm$ 13.2 (+19.9) (+08.6)	78.25 $\pm$ 0.66 (+06.0) (+19.9)

Table VI. Performance levels of backcross hybrids [F1, BC1 & BC2]. (values are mean, $\pm$ SE and % change over donor parent & recipient parents).

Tableau VI. Niveaux de performance des hybrides et des rétrocroisements [F1, BC1 & BC2]. (les valeurs sont la moyenne, $\pm$ l'écart type ainsi que le % de changement par rapport au parent donneur et au parent récepteur).

Parent / hybrid status	Crop / season	Total silk yield/ Dfl (g)	Filament denier (d)
<i>Parent / type d'hybride</i>	<i>Récolte / saison</i>	<i>Rendement total en soie / ponte saine (g)</i>	<i>Titre du filament (d)</i>
Daba (D) Donor parent <i>Parent donneur</i>	Seed crop Jul/Aug '06 <i>Récolte de grainage Juil / Août 06</i>	96.23 $\pm$ 9.33	10.61 $\pm$ 0.17
Jata (R) Recipient parent <i>Parent récepteur</i>	Seed crop Jul/Aug '06 <i>Récolte de grainage Juil / Août 06</i>	70.70 $\pm$ 2.95	12.59 $\pm$ 0.36
Jata $\times$ Daba (F1)	Commercial crop Sep/Nov '06 <i>Récolte commerciale Sep / Nov. 06</i>	152.3 $\pm$ 9.90 (+58.3) (+115.4)	12.32 $\pm$ 0.17 (+16.1) (-02.1)
Jata $\times$ Daba (BC1)	Seed crop Jul/Aug '07 <i>Récolte de grainage Juil / Août 07</i>	130.1 $\pm$ 5.27 (+35.2) (+84.0)	11.55 $\pm$ 0.27 (+8.9) (-08.3)
Jata $\times$ Daba (BC2)	Commercial crop Sep/Nov '07 <i>Récolte commerciale Sep / Nov 07</i>	166.3 $\pm$ 12.8 (+72.8) (+135.2)	11.76 $\pm$ 0.31 (+10.8) (-06.6)

Commercial feasibility and sustainable utility of tasar races depends on their wider adaptability, better cocoon productivity besides amenability for human handling during rearings and seed production. The ecoraces with superior cocoon characters are less adaptable, amenable and have lower egg fecundity, fertility or ecoraces with high egg fecundity and fertility have poor cocoon characters and silk yield are the existing constraints in commercial tasariculture. Though, insects perform better under favourable environment, best of them reported only under their *in-situ* habitats. Hence, wild silk insect mostly show inferior performances under *ex-situ* conditions, but on acclimatization to the changed environment over generations it improves and performs nearer to *in-situ* levels. The positive

inclination of behaviour under captivity and human interference ranks the ecorace on sustained viability. The Sukinda ecorace, originated from Sukindagarh of Orissa and Daba from Singhbhum of Jharkhand are exploited commercially for tasar rearings. However, the unique variety, Jata perceived in Thakurmunda of Orissa produces cocoons with better commercial traits through rearing and are fetching good price. The superior cocoon characters of Jata race over Daba and Sukinda reveal its commercial value and need for conservation as potential genetic resource.

The deviation of voltinism by Jata race from uni to bi under *ex-situ* conditions along with stable rearing and grainage performance over six successive generations during both seed and commercial crop seasons indicate its stabilization trend. However, the decline in cocoon characters might be due to change in voltinism and genotype environment interaction (Sengupta, 1997; Kumaresan *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2007). The ecoraces perform slightly inferior while acclimatizing to new environment but Jata race performed at par or even better than Daba and Sukinda in certain commercial characters. Though, Jata race showed negative trend in egg and cocoon characters under *ex-situ*, the average yield of 58 cocoons per Dfl could compensate the rearing economics. The Jata also could outdo Sukinda ecorace in shell weight and silk ratios in spite of attaining bivoltine status, and shown feasibility for commercial rearings. The average moth emergence of 77.3% and their coupling of 82.5% over successive generations further prove its amenability to human handling and indicate its acclimatization and stabilization status (Hansda *et al.* 2008; Rout *et al.* 2008).

The reproductive consistency of economic insects besides amenability is of crucial importance for their commercial utility and viability. The application of correlation among cocoon, pupal, moth sizes as different groups of males versus standard group of females and vice versa establish their feasibility in commercial seed productivity. The potential reproductive attainment of female component depends on correct male counterpart, as the egg hatching and fertility correlates with transferring of sperms and secretions of accessory glands (Ravi Kumar *et al.*, 1995; Krishnaprasad *et al.*, 2002; Biswas and Ray, 2005). Likewise, the optimal reproductive success of male could be achieved with appropriate female, as female moth size and healthiness contributes to moth emergence, coupling and laying more fertile eggs (Yadav *et al.*, 2001; Hazarika *et al.*, 2007). The dissimilar trend among males and females indicates the suitability of middle to low pupal weight groups in males and middle to high in females (Davidowitz *et al.*, 2004; Calvo and Molina, 2005; He and Wang, 2006).

The potential of selection response in chosen character of parental herd was found improved in the offspring generation; however it mostly depends on genetic variation, selection accuracy and intensity existing among the parents (Darlington and Mather, 1952). The high heterosis recorded for fecundity, hatching, shell weight and silk ratios in F1 hybrid combinations of Jata $\times$ Daba and its reciprocal indicates the commercial potential of Jata race. Further, high heterosis for fecundity in specific hybrid Jata $\times$ Daba [P $\times$ P] and its reciprocal shows commercial applicability against persistent problem of low fecundity. Selection of a desired commercial character among the parents should be based on breeding value and silk moth from heavier pupae laying more eggs (Singh *et al.*, 1994; Manohar Reddy *et al.*, 2008) might be the reason for improved fecundity with high pupal parents. Further, the aim of improving the shell weight is to gain total silk yield and positive heterosis in Jata $\times$ Daba [S $\times$ S] and its reciprocal on these parameters indicates the better combinability of parents for yield contributing traits (Siddiqui *et al.*, 1988; Naqvi *et al.*, 2004; Manohar Reddy *et al.*, 2008).

Silkworm breed with better fecundity and egg hatching can achieve higher cocoon production and sustenance and for such an aspiration the apt method is repeated backcrossing (Tazima, 1984). The low egg hatching (45%) in spite of high fecundity (315 eggs), made Jata race non-suitable for commercial use and existing Daba races too have low fecundity (200 eggs) in spite of better egg hatching (80%). Hence, to improve egg hatching in Jata, the method of repeated backcrossing with Daba ecorace was selected. The use of parents with high pupal weight (specific hybrids) for backcrossing resulted in introgression of egg hatching (with an improvement of +19.9% over *ex-situ*

stabilized) into Jata race at BC2 level and these results confirm the earlier reports of Raju and Krishnamurthy (1993); Moghaddam *et al.* (2005). The high pupal parents were selected because of their correlation with fecundity (Ghosh *et al.*, 1996; Manohar Reddy *et al.*, 2008) and to retain fecundity levels while improving the egg hatching to confirm the commercial viability of Jata race.

The Jata race has better shell weight and silk ratio, but inconsistent total silk yield and thicker filament which need perfection for its viable commercial exploitation. The repeated backcrossing with Daba males has been thought of, due to better and consistent silk yield and finer filament denier of Daba ecorace. The application of backcrossing with Daba males resulted in viability introgression (better silk yield) along with finer filament (lesser denier) into Jata race which corroborate earlier findings of Raju and Krishnamurthy (1993); Moorthy *et al.* (2007). However, the opposite trend in respect of total silk yield and filament denier at F1 and BC2 levels indicate their correlation with quantity and quality of silk (Sekharappa *et al.*, 1999). The improvement in silk yield with reduced filament denier indicate introgressive heterosis (Verma *et al.*, 2003) and better expressiveness of phenotype during commercial crop season with best possible genotype environment (G × E) interactions (Srivastava *et al.*, 2004; Kumar *et al.*, 2008; Manohar Reddy *et al.*, 2009).

The change in voltinism, synchronized grainage efficiency, consistent rearing performance, amenability to human handling of Jata race indicates its positive *ex-situ* adaptation and promising commercial prospects. The correlation of moth emergence and coupling, fecundity and egg fertility with varied pupal weight combinations shows its feasibility in optimizing the commercial tasar seed productivity and quality. The positive heterosis of F1 hybrids and reciprocals on seed and silk traits ensures its complete parental material utility to increase productivity at low cost. The response of race in overcoming low fecundity, egg hatching, total silk yield and high filament denier with backcrossing assures commercial suitability over existing commercial tasar ecoraces such as Daba and Sukinda.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are thankful to Sri. Suresh Rai, Scientist, CTR & TI for data analysis.

REFERENCES

- ARUGA H. (1994) Principles of Sericulture, I. (ed.), pp: 358-362, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi, Bombay, Calcutta, India.
- BISWAS I., RAY, N. (2005) Studies on seed (Egg) production with reference to mating behavior of Muga silkworm, *Antheraea assama* Westwood. *Sericologia*, 45(3): 329-334.
- CALVO D., MOLINA J.M. (2005) Fecundity-body size relationship and other reproductive aspects of *S. panda* (Lepidoptera : Lasiocampidae). *Annal. Entomol. Soci.*, Amer. 98: 191-196.
- DARLINGTON C.D., MATHER K. (1952) The elements of genetics. The Macmillan Company. New York and George Allen & Unwin Company. London.
- DAVIDOWITZ G., AMICO L.J.D., NIJHOUT H.F. (2004) The effects of environmental variation on a mechanism that controls insect body size. *Evol. Ecol. Res.*, 6: 49-62.
- GHOSH M.K., BABU C.M., PONNUVEL K.M., SRIVASTAVA R.C. (1996) Correlation between female moth weight and fecundity in the oak tasar silkworm, *Antheraea proylei* J. *Sericologia*, 36(3): 561-564.
- HANSDA G., MANOHAR REDDY R., SINHA M.K., OJHA N.G., VIJAYA PRAKASH N.B. (2008) *Ex-situ* stabilization and utility prospects of 'Jata' ecorace of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury. *Int. J. Indust. Entomol.*, 17(2): 169-172.
- HAZARIKA U., SARKAR B.N., BARAH A., CHAKRAVORTHY R. (2007) Association of fecundity with larval and pupal weight in different ecoraces of eri silkworm *Samia ricini* Donovan. *J. Adv. Zool.*, 28(2): 67-71.
- HE X. Z., WANG Q. (2006) Asymmetric size effect of sexes on reproductive fitness in an aphid parasitoid *Aphidius ervi* (Hymenoptera : Aphidiidae). *Biol. Control.*, 36: 293-298.

- KRISHNAPRASAD N.K., SANNAPPA B., VARALAKSHMI R. (2002) Effect of multiple mating on grainage performance of newly evolved bivoltine breeds of *B. mori* L. Bull. Ind. Acad. Seric., 6(2): 50-55.
- KUMAR N.S., BASAVARAJA H.K., JOGE P.G., KALPANA G.V., MALREDDY N. (2008) Heterosis studies on hybrids of cocoon color sex-limited breed of the silkworm, *Bombyx mori* L. under different environments of temperature. J. Entomol. Res. Soc., 10(1): 1-12.
- KUMARESAN P., SINHA R.K., MOHAN B., THANGAVELU K. (2004) Conservation of multivoltine silkworm (*B. mori* L.) germplasm in India - An Overview. Int. J. Indust. Entomol., 9(1): 1-13.
- MANOHAR REDDY R., SURYANARAYANA N., VIJAYA PRAKASH N.B. (2008) Heterosis potential in selective parental F1 hybrids of divergent geographic ecotypes of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D (Lepidoptera: Saturniidae). Acad. J. Entomol., 1(2): 32-35.
- MANOHAR REDDY R., SURYANARAYANA N., OJHA N.G., HANSDA G., RAI S., VIJAYA PRAKASH N.B. (2009) Basic seed stock maintenance and multiplication in Indian tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury-A strategic approach. Int. J. Indust. Entomol., 18(2): 69-75.
- MIRHOSEINI S.Z., SEYDAVI A.R., GHANIPOOR M., ETEBARI K. (2004) General and special combining ability estimation and heterosis in new varieties of silkworm *B. mori* L. J Biol Sci., 4: 725-730.
- MOGHADDAM S.H.H., EMAM JOMEH N., MIRHOSEINI S.Z., GHOLAMY M.R. (2005) Genetic improvement of some traits in four strains of silkworm, *Bombyx mori* L. Int. J. Indust. Entomol., 10(2): 95-99.
- MOORTHY S.M., DAS S.K., KAR N.B., RAJE URS S. (2007) Breeding of Bivoltine breeds of *Bombyx mori* L suitable for variable climatic conditions of the tropics. Int. J. Indust. Entomol., 14(2): 99-105.
- NAQVI A.H., SRIVASTAVA A.K., SINHA A.K., VISWAKARMA S.R., ROY G.C. (2004) Heterosis and combining ability analysis in quantitative traits of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. Perspec. Cytol. Genet., 11: 495-501.
- NAYAK B.K., DASH A.K., PATRO K.B.G. (2000) Biodiversity conservation of wild tasar silk moth *Antheraea paphia* Linn. of Simlipal biosphere reserve and strategy for its economic utilization. Int. J. Wild Silkworm Silk, 5: 367-370.
- RAJU P.J., KRISHNAMURTHY N.B. (1993) Breeding of two Bivoltines, MG511 and MG512 of silkworm, *B. mori* L. for higher viability and productivity, *Sericologia*, 33: 577-587.
- RAVIKUMAR G., RAJESHWARY H., OJHA N.G., THANGAVELU K. (1995) Effect of multiple mating on fecundity and fertility in the tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D (Lepidoptera : Saturniidae). Entomon, 20(1): 15-17.
- ROUT J.K., MOHANTHY B., DASH C.S., RAMARAO B. (2008) Jata-Daba – Another tropical eco-race. Indian Silk, 47(4): 16-18.
- SEKHARAPPA B.M., RADHAKRISHNA P.G., KESHAVAREDDY K.S., DANDIN S.B. (1999) Breeding of bivoltine silkworm races with better survival and high shell content for tropics – Karnataka. *Sericologia*, 39(2): 205-210.
- SENGUPTA A.K. (1997) Effects of gene-environment interaction on silk yield in *Antheraea mylitta* (Saturniidae). J. Lepidop. Socie., 51(1): 95-97.
- SIDDIQUI A.A., SENGUPTA A.K., SINHA A.K., SENGUPTA K. (1988) Genetic and phenotypic variability of some quantitative characters in *A. mylitta* D. *Sericologia*, 28: 187-192.
- SINGH R., CHATURVEDI H.K., DATTA R.K. (1994) Fecundity of mulberry silkworm, *B. mori* L in relation to female cocoon weight and repeated matings. Ind. J. Seric., 33(1): 70-71.
- SRIVASTAVA A.K., NAQVI A.H., SINHA A.K., VISHWAKARMA S.R., ROY G.C. (2004) Genotype and environment interaction in *Antheraea mylitta* Drury and its implications. Perspec. Cytol. Genet., 11: 219-224.
- SURYANARAYANA N., KUMAR R., GARGI. (2005) Monograph on Indian tropical tasar silkworm food plants. pp.1-9, Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi, India.
- SURYANARAYANA N., SRIVASTAVA A.K. (2005) Monograph on tropical tasar silkworm. pp.1-87, Central Tasar Research & Training Institute, Central Silk Board, India.

- TAZIMA Y. (1984) Silkworm moths: In evolution of domesticated animals. pp. 416-424, I.L.Mason (Eds.), Longman, London and New York.
- VERMA A.K., CHATTOPADHYAY G.K., SENGUPTA M., SENGUPTA A.K., DAS S.K., RAJE URS S. (2003) Expression of heterotic genetic interaction among multivoltine recurrent backcross/congenic lines for higher shell weight of silkworm *Bombyx mori* L. Int. J. Indust. Entomol., 7: 21-27.
- YADAV G.S., SINGH B.M.K., SINHA B.R.R.PD., THANGAVELU K. (2001) Studies on association between moth weight and potential fecundity of ecorace Bhandara of tasar silk moth (*Antheraea paphia* Linn.). Bull. Ind. Acad. Seric., 5: 59-67.
- ZHAO Y., CHEN K., HE S. (2007) Key principles for breeding spring - and - autumn silkworm varieties: from our experience of breeding 873 × 874. Casp. J. Env. Sci., 5(1): 57-61.

ACCEPTABILITE D'UNE NOUVELLE RACE DU VER A SOIE TASAR TROPICAL (*ANTHRAEA MYLITTA* DRURY), JATA, SUR LE PLAN COMMERCIAL

R. MANOHAR REDDY, B. TARAKANADHA, A. K. SINHA & N. B. VIJAYA
PRAKASH

Central Tasar Research & Training Institute, Central Silk Board, Govt. of India, Piskanagri PO,
Ranchi – 835 303, (Jharkhand), Inde.

La race sauvage *tasar* tropicale, monovoltine, Jata, d'*Anthraea mylitta* Drury que l'on trouve dans l'habitat *in situ* de la biosphère de Simlipa en Inde, présente des caractères supérieurs par rapport à Daba et à Sukinda utilisées commercialement. Le recueil important de cocons dans la nature entraîne le déclin de la population et il est nécessaire de protéger la diversité génétique en danger d'extinction. Les efforts pour conserver la race par des études *ex situ* et de viabilité réalisées dans des plantations économiques de *Terminalia tomentosa* au Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi, en Inde ont montré un caractère bivoltin avec une amélioration du rendement en cocons (55 à 64), du rendement total en soie (74,7 à 97,4 g), et une émergence (77,3 %) et un accouplement des papillons (82,5 %) uniformes. Les combinaisons de poids nymphaux sélectionnées donnent une amélioration de la fécondité (244 œufs), de l'éclosion des œufs (86,1 %) et de la fertilité (95,8 %). La race présente un potentiel de vigueur hybride pour la fécondité (+ 35,8 %), pour l'éclosion des œufs (+ 25,2 %), pour le poids de la coque (+ 45,1 %) et pour la richesse soyeuse (+ 30,5 %) au niveau F1 ; une amélioration de l'éclosion des œufs (+ 19,9 %) et une diminution du titre du filament (– 6,6 %) lors du retrocroisement avec l'écocrace Daba. La performance stable de la race Jata offre des perspectives évidentes d'adaptation *ex situ* et une acceptabilité commerciale.

INTRODUCTION

La soie *tasar* est produite par un insecte séricigène sauvage, *Anthraea mylitta* Drury ; (Lépidoptère : Saturniidae) distribuée dans tout le centre de l'Inde (latitude 12-31° N et longitude 72-96° E). L'insecte se nourrit principalement sur *Shorea robusta* (Sal), *Terminalia tomentosa* (Asan) et *Terminalia arjuna* (Arjun) en plus de plantes hôtes secondaires et tertiaires (Suryanarayana et coll., 2005). La distribution plus large de l'espèce dans une différente niche environnementale se décline en 44 écocraces aux différents caractères phénotypiques, physiologiques et comportementaux (Nayak et coll., 2000 ; Yadav et coll., 2001 ; Suryanarayana et Srivastava, 2005). Cependant, jusqu'à présent seules les écocraces Daba et Sukinda étaient utilisées sur le plan commercial et récemment, la race Jata aux caractères commerciaux supérieurs, a trouvé une utilisation dans la biosphère de Simlipal dans l'Orissa en Inde (Hansda et coll., 2008 ; Rout et coll., 2008). Il faut identifier les écocraces de chaque région de manière à utiliser leurs ressources génétiques pour les variétés commerciales afin d'améliorer la productivité (Aruga, 1994 ; Mirhoseini et coll., 2004). L'expression phénotypique potentielle d'une lignée nécessite un climat et une interaction adaptés entre le génotype et l'environnement (Srivastava et coll., 2004 ; Zhao et coll., 2007 ; Kumar et coll., 2008). La variation génétique d'une variété se reflète par un caractère, que l'on peut utiliser pour contrôler et promouvoir une conservation et une utilisation efficaces (Moorthy et coll., 2007). Une variété individuelle sert de ressource génétique et de variabilité pour construire la variation d'une nouvelle population suite à l'hybridation et cette diversité ne peut pas être recréée une fois qu'elle a disparu (Kumaresan et coll.,

2004). L'augmentation de la demande globale pour les soies Vanya (sauvages), l'existence abondante de plantes hôtes poussant dans la nature, les options limitées de races pour l'élevage commercial nécessitent l'exploration du potentiel des races tassar. Compte tenu de cela, cette étude a été réalisée pour s'assurer de l'acceptabilité *ex situ* de la race Jata pour son adaptation et sa stabilisation à des fins d'exploitation commerciale.

MATERIELS ET METHODES

On évalue les caractères phénotypiques et commerciaux d'environ 200 cocons sauvages de la race « Jata » récoltés dans les zones de Thakurmunda, Kendujuni, Mohuldiha et Kuldiha de la *Tassar Rearer's Cooperative Society* (TRCS), dans l'Orissa en Inde en avril 2006 par comparaison aux écoraces exploitées commercialement Daba et Sukinda, que l'on s'est procurées dans leurs écozones naturelles. On procède au grainage selon un système intégré de production de graines dans une maison de grainage et on élève les pontes saines d'après l'ensemble intégré d'élevage du tassar pour évaluer la performance *ex-situ* de la race Jata sur une plantation économique de *T. tomentosa* pendant trois années consécutives au *Central Tassar Research & Training Institute* de Ranchi (CTR&TI) en Inde afin de constituer des stocks de cocons Jata pour des études ultérieures. On classe les chrysalides en trois groupes de poids, c'est-à-dire poids nymphal inférieur (LPW), poids nymphal moyen (MPW), et poids nymphal supérieur (HPW) ; on accouple les mâles et les femelles de poids nymphal moyen (MPW) séparément avec les mâles et les femelles des trois groupes, c'est-à-dire groupe d'accouplement LPW, MPW, HPW et aléatoire (pas de sélection) comme témoin pour étudier la corrélation entre la performance reproductive et les poids de chrysalides / combinaison. On prépare les combinaisons hybrides F1 générales, sélectives et d'intracroisements en fonction de l'écorace avec leurs croisements réciproques d'après les poids de la chrysalide / de la coque entre les races Jata et Daba pour étudier l'effet de l'hétérosis sur les caractères commerciaux. On croise la femelle de la race Jata avec le mâle de la race Daba pour obtenir F1(J×D) et les femelles des descendance F1 et BC1 sont rétrocroisées avec le mâle Daba pour obtenir les hybrides BC1 et BC2 afin d'étudier les niveaux d'introggression sur l'éclosion de l'oeuf, le rendement total en soie et le titre du filament de soie. Pour étudier l'impact de l'introggression spécifique de l'éclosion et de la fécondité, on procède à un rétrocroisement sélectif sur la base femelle de poids nymphal élevé × mâle de poids nymphal élevé en tant que (P × P) parmi les hybrides F1, BC1 et BC2. On réalise les études avec trois répétitions de chaque et on analyse les observations enregistrées avec les méthodes statistiques standard.

RESULTATS ET DISCUSSION

Concernant l'origine et les caractéristiques des races Jata, Daba et Sukinda (Tableau I), il existe des différences importantes dans les zones d'élevage ou de disponibilité naturelle en cocons, dans les altitudes, le voltinisme, les plantes hôtes, les niveaux d'adaptabilité, la couleur du cocon et les prix. Elles montrent la dominance de la race Jata par rapport aux deux écoraces semi-domestiquées Daba et Sukinda sauf pour l'éclosion, le rendement en cocons et le titre du filament. La performance d'élevage et de grainage de la race Jata dans des conditions *ex-situ* (Tableau II) présente une uniformité sur six élevages réalisés de 2006 à 2008. Dans des conditions *ex-situ*, la race présente une uniformité du rendement en cocons, avec une amélioration allant jusqu'à 58 cocons par ponte saine, contre 17 dans des conditions *in situ*. De plus, la race Jata se comporte en bivoltine, à l'opposé de son monovoltinisme dans les conditions *in situ* et enregistre un poids de coque et une richesse soyeuse meilleurs par rapport à l'écorace Sukinda, tout en gardant son rendement en cocons par ponte saine. La race enregistre une émergence et un accouplement moyens des papillons de 77,3 % et de 82,5 % sur six générations consécutives.

Les résultats sur la performance reproductive des groupes de mâles de poids nymphal faible, moyen et élevé par rapport au groupe de femelles de poids nymphal moyen chez la race Jata (Tableau III) montrent une amélioration de la fécondité (+ 9,5 %), de l'éclosion (+ 25,1 %) et de la fertilité (+ 4,1 %) chez le groupe de mâles de poids nymphal moyen par rapport au groupe accouplé de manière aléatoire. Les groupes de femelles de poids faible, moyen et élevé par rapport au groupe de mâles de poids nymphal moyen indique une amélioration de la fécondité (+ 22 %), de l'éclosion (+ 13,7 %) et de la fertilité (+ 1,1 %) chez le groupe de mâles de poids nymphal moyen par rapport au groupe accouplé de manière aléatoire. Cependant, on enregistre une efficacité inférieure de tous les paramètres chez le groupe de mâle de poids nymphal supérieur et chez le groupe de femelles de poids nymphal inférieur. Parmi les groupes de poids nymphal mâle on observe une performance décroissante dans l'ordre moyen, aléatoire, inférieur et supérieur et dans l'ordre moyen, aléatoire, plus élevé et inférieur pour les groupes de poids nymphal femelle.

L'hétérosis relative pour la fécondité (Tableau IV) s'avère positive chez la combinaison hybride sélective F1 Jata $\times$ Daba ($P \times P$) (+ 35,8 %) suivie par les combinaisons réciproques (+ 22,1 %) et par les combinaisons aléatoires Daba $\times$ Jata (+ 17,5 %). On enregistre l'hétérosis la plus élevée pour l'éclosion chez la combinaison aléatoire Daba $\times$ Jata (+ 25,2 %) suivie par Daba $\times$ Jata [$P \times P$] (+ 14,6 %) et Daba $\times$ Jata [$P \times S$] (+ 12,9 %), tandis que l'hétérosis est négative chez les combinaisons Jata $\times$ Daba. On enregistre l'hétérosis la plus élevée pour le poids de la coque chez Daba $\times$ Jata [$S \times S$] (45,1 %) suivie par le croisement aléatoire Daba $\times$ Jata (+ 34,8 %), Jata $\times$ Daba [$S \times S$] (+ 33,5 %) et le croisement aléatoire Jata $\times$ Daba [$S \times S$] (+ 27,4 %). Cependant, l'hétérosis relative pour la richesse soyeuse est plus élevée pour le croisement aléatoire Daba $\times$ Jata (+ 30,5 %) suivi par Jata $\times$ Daba ($S \times S$) (+ 27,9 %), Daba $\times$ Jata [$S \times S$] (+ 26,9 %) et le croisement aléatoire Jata $\times$ Daba (+ 24,2 %).

Les résultats des hybrides de rétrocroisement Jata $\times$ Daba par rapport au parent donneur Daba (Tableau V) montrent une amélioration de la performance de l'éclosion et de la fécondité chez les hybrides sélectifs à poids nymphal élevé [$P \times P$] par rapport aux hybrides généraux [G]. Mais, l'éclosion est négative chez tous les hybrides généraux et à poids nymphal élevé sauf au niveau BC2 (+ 6 %) dans la combinaison nymphale élevée, où elle s'améliore par rapport au parent donneur. L'écart pour la fécondité est négatif en F1 et marginalement positif aux niveaux BC1, BC2 (+ 1,7 % et + 5,4 %) pour l'hybride général et aux niveaux F1 et BC1 (+ 10,8 et + 7,1 %) chez l'hybride nymphal élevé, sauf pour une amélioration au niveau BC2 (+ 19,9 %) chez l'hybride nymphal élevé. Les résultats des hybrides de rétrocroisement Jata $\times$ Daba par rapport au parent récepteur Jata montrent très peu d'amélioration de l'éclosion et de la fécondité chez les hybrides sélectifs au poids nymphal élevé [$P \times P$] par rapport aux hybrides généraux [G]. L'éclosion des œufs est négative aux niveaux F1, BC1 mais on remarque une augmentation positive non significative au niveau BC2 parmi les hybrides généraux. Cependant, l'éclosion des œufs s'améliore chez les hybrides à poids nymphal élevé au niveau BC2 (+ 19,9 %) suivi par BC1 (+ 7,1 %) par rapport au parent récepteur. La fécondité s'améliore par rapport au parent récepteur seulement au niveau BC2 (+ 8,6 %) chez l'hybride à poids nymphal élevé, tandis qu'elle est négative à tous les niveaux sauf au niveau F1.

L'acceptabilité commerciale et la durabilité des races tasar dépend de leur plus grande adaptabilité, de leur meilleure productivité en cocons, de leur souplesse de manipulation pendant les élevages et la production de graines. L'élevage commercial du tasar présente les contraintes suivantes : les écoraces dont les caractères du cocon sont supérieurs s'adaptent moins bien, sont moins souples et ont une fécondité et une fertilité inférieures et les écoraces à la fécondité et à la fertilité élevées ont des cocons dont les caractères et le rendement en soie sont mauvais. Bien que les insectes aient de meilleures performances dans un environnement favorable, on a rapporté que leurs performances sont les meilleures dans leurs habitats *in situ*. L'insecte séricigène sauvage présente des performances inférieures dans des conditions *ex situ*, mais lors de l'acclimatation au changement d'environnement au cours des générations, il s'améliore et ses performances se rapprochent des

niveaux *in situ*. L'inclinaison positive du comportement en captivité et l'interférence humaine permettent de déterminer que la viabilité de l'écorace est durable. L'écorace Sukinda provenant de Sukindagarh dans l'Orissa et Daba de Singhbhum dans le Jharkhand sont exploitées sur le plan commercial pour les élevages tasar. Cependant, la variété unique, Jata remarquée à Thakurmunda dans l'Orissa produit au cours de l'élevage des cocons dont les caractères commerciaux sont meilleurs et qui se vendent à un bon prix. Les caractères supérieurs du cocon de la race Jata par rapport à Daba et Sukinda montrent sa valeur commerciale et qu'il est nécessaire de la conserver comme une ressource génétique potentielle.

La déviation de la race Jata en matière de voltinisme, qui passe de mono à bi dans des conditions *ex situ* et sa performance d'élevage et de grainage stable sur six générations successives à la fois pendant les saisons de grainage et de récolte commerciale indiquent sa tendance à la stabilisation. Cependant, la baisse des caractères du cocon pourrait être due au changement de voltinisme et à l'interaction génotype - environnement (Sengupta, 1997 ; Kumaresan et coll., 2004 ; Zhao et coll., 2007). Les écoraces ont des performances légèrement inférieures lorsqu'elles s'acclimatent à un nouvel environnement, mais la race Jata a une performance égale ou meilleure que celle de Daba et Sukinda pour certains caractères commerciaux. Bien que la race Jata présente une tendance négative pour les caractères de l'œuf et du cocon *ex situ*, le rendement moyen de 58 cocons par ponte saine compense le côté économique de l'élevage. Jata peut aussi surpasser l'écorace Sukinda pour le poids de la coque et la richesse soyeuse, bien qu'elle soit devenue bivoltine et elle est acceptable pour les élevages commerciaux. L'émergence (77,3 %) et l'accouplement (82,5 %) moyens de papillons sur les générations suivantes prouvent encore sa souplesse pour la manipulation humaine et indiquent son acclimatation et sa stabilisation (Hansda et coll., 2008 ; Rout et coll., 2008).

L'uniformité reproductive des insectes économiques, en plus de leur souplesse est cruciale pour leur utilité et leur viabilité commerciales. L'application de la corrélation entre les tailles du cocon, de la chrysalide, du papillon, en tant que groupes de mâles différents par rapport au groupe de femelles standard et inversement montre leur acceptabilité en matière de productivité pour le grainage commercial. Le résultat reproducteur potentiel du composant femelle dépend de l'homologue mâle correct, puisque l'éclosion et la fertilité de l'œuf sont corrélées avec le transfert de sperme et les sécrétions des glandes auxiliaires (Ravi Kumar et coll., 1995 ; Krishnaprasad et coll., 2002 ; Biswas et Ray, 2005). De même, le succès reproducteur optimal du mâle aboutit avec la femelle appropriée, puisque la taille et la santé du papillon femelle contribuent à l'émergence, l'accouplement des papillons et à la ponte d'un plus grand nombre d'œufs fertiles (Yadav et coll., 2001 ; Hazarika et coll., 2007). La tendance dissemblable entre les mâles et les femelles indique que les groupes mâles de poids nymphal moyen à faible et les groupes femelles de poids nymphal moyen à élevé conviennent (Davidowitz et coll., 2004 ; Calvo et Molina, 2005 ; He et Wang, 2006).

On constate que le potentiel de la réponse de la sélection pour le caractère choisi chez le groupe parental s'améliore chez la génération de la descendance ; cependant, cela dépend principalement de la variation génétique, de la justesse de la sélection et de l'intensité qui existent entre les parents (Darlington et Mather, 1952). L'hétérosis élevée qu'on enregistre pour la fécondité, l'éclosion, le poids de la coque et la richesse soyeuse chez les combinaisons hybrides F1 de Jata × Daba et de son croisement réciproque indique le potentiel commercial de la race Jata. Par ailleurs, l'hétérosis élevée pour la fécondité chez l'hybride spécifique Jata × Daba [P × P] et son croisement réciproque montre son acceptabilité commerciale par rapport au problème persistant de la mauvaise fécondité. La sélection d'un caractère commercial désiré parmi les parents devrait être basée sur la valeur de breeding et un papillon séricigène provenant de chrysalides plus lourdes pondant plus d'œufs (Singh et coll., 1994 ; Manohar Reddy et coll., 2008) pourrait expliquer l'amélioration de la fécondité avec des parents au poids nymphal élevé. Par ailleurs, le but de l'amélioration du poids de la coque est un gain en matière de rendement total en soie et l'hétérosis positive de Jata × Daba [S × S] et de son croisement réciproque pour ces paramètres indique une meilleure combinabilité des parents pour les

caractères contribuant au rendement (Siddiqui et coll., 1988 ; Naqvi et coll., 2004 ; Manohar Reddy et coll., 2008).

Une lignée de ver à soie dont la fécondité et éclosion sont meilleures peut donner une production de cocons plus élevée et durable et dans ce but, la méthode correcte consiste en des rétrocroisements répétés (Tazima, 1984). La faible éclosion des œufs (45 %) malgré la fécondité élevée (315 œufs) ne fait pas de Jata une race adaptée à une utilisation commerciale et les races existantes Daba ont également une mauvaise fécondité (200 œufs) malgré leur meilleur taux d'éclosion (80 %). Pour améliorer l'éclosion des œufs chez Jata, on choisit donc la méthode de rétrocroisements répétés avec l'écorace Daba. L'utilisation de parents au poids nymphal élevé (hybrides spécifiques) pour le rétrocroisement entraîne une introgression de l'éclosion (avec une amélioration de +19,9 % par rapport à l'*ex situ* stabilisé) chez la race Jata au niveau BC2 et ces résultats confirment les rapports antérieurs de Raju et Krishnamurthy (1993) ; Moghaddam et coll., (2005). On sélectionne les parents au poids nymphal élevé en raison de leur corrélation avec la fécondité (Ghosh et coll., 1996 ; Manohar Reddy et coll., 2008) et pour retenir les niveaux de fécondité, tout en améliorant l'éclosion des œufs pour confirmer la viabilité commerciale de la race Jata.

Le poids de la coque et la richesse soyeuse de la race Jata sont meilleurs mais son rendement total en soie n'est pas uniforme et son filament est plus gros, il faut les améliorer pour que son exploitation commerciale soit viable. On a pensé au rétrocroisement répété avec les mâles de la race Daba compte tenu de son rendement en soie qui est meilleur et uniforme et de son titre de filament plus fin. L'application du rétrocroisement avec les mâles Daba entraîne l'introgression de la viabilité (meilleur rendement en soie) et d'un filament plus fin (titre inférieur) chez la race, ce qui confirme les résultats antérieurs de Raju et Krishnamurthy (1993) ; Moorthy et coll., (2007). Cependant, la tendance opposée en ce qui concerne le rendement total en soie et le titre du filament aux niveaux F1 et BC2 indique leur corrélation avec la quantité et la qualité de la soie (Sekharappa et coll., 1999). L'amélioration du rendement en soie avec une diminution du titre du filament indique une hétérosis introgressive (Verma et coll., 2003) et une meilleure expressivité du phénotype pendant la saison d'élevage commercial avec les meilleures interactions possibles entre le génotype et l'environnement ($G \times E$) (Srivastava et coll., 2004 ; Kumar et coll., 2008 ; Manohar Reddy et coll., 2009).

Le changement de voltinisme, l'efficacité synchronisée du grainage, la performance uniforme d'élevage, la souplesse de la race Jata indiquent son adaptation positive *ex situ* et ses perspectives commerciales prometteuses. La corrélation entre l'émergence et l'accouplement des papillons, la fécondité et la fertilité des œufs avec les différentes combinaisons de poids nymphal montre qu'elle est acceptable pour l'optimisation de la productivité et de la qualité de la graine tasar commerciale. L'hétérosis positive des hybrides F1 et des croisements réciproques pour les caractères de la graine et de la soie assure sa pleine utilité comme matériel parental pour augmenter la productivité à un faible coût. La réponse de la race pour surmonter une fécondité, une éclosion, un rendement total en soie mauvais et un titre de filament élevé par le rétrocroisement montre qu'elle est adaptée sur le plan commercial par rapport aux écoraces tasar commerciales existantes telles que Daba et Sukinda.

EFFECT OF LEVELS AND SOURCES OF SULPHUR ON GROWTH, YIELD, NUTRIENT UPTAKE OF MULBERRY (*MORUS ALBA* L.) AND ITS ECONOMICS

P. C. BOSE, R. KAR AND A. K. BAJPAI

Soil Science and Chemistry Section, Central Sericultural Research and Training Institute,
Berhampore – 742101, West Bengal, India

*A field experiment was conducted from 2005 to 2009 at Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, West Bengal, India to study the effect of various levels and sources of sulphur on mulberry (*Morus alba* L.). Graded doses of sulphur (0 to 40 kg ha⁻¹ year⁻¹) through two sources (elemental sulphur and ammonium sulphate) along with recommended doses of nitrogen, phosphorus and potassium were applied to a S-deficient sandy clay loam soil under irrigated condition. Analysis of three years' pooled data revealed that the growth attributes, yield, nutrient uptake, net return and benefit: cost ratio were influenced significantly due to sulphur application upto 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ for both the sources.*

Keywords: Graded doses, mulberry, sulphur, irrigated condition.

INTRODUCTION

The impact of NPK fertilizers in increasing mulberry leaf production is well recognized. Sulphur has of late gained importance as the fourth essential plant nutrient after N, P and K, which plays an important role not only in increasing the yield of mulberry leaf, but, also improves its quality because of its association in the synthesis of protein in mulberry leaf (Mahadevappa, 2001). Continuous use of sulphur-free fertilizers coupled with enhanced rate of sulphur removal by the adoption of high-yielding mulberry cultivars and the increased cropping intensity have resulted in sulphur deficiency in the soils of mulberry fields.

Sulphur deficiency is increasingly becoming one of the limiting factors to further sustainable increases in mulberry production. Since soil organic matter is the natural source to replenish the available pool (SO₄²⁻), widespread lack of organic matter in tropical soils causes that sulphur requirement by far exceeds the natural supply. Therefore, sulphur containing fertilizers need to be included in the fertilization scheme for mulberry as balanced fertilizer use has been one of the major factors in improving the yield and quality of mulberry.

Deficiency of sulphur affects not only the functions involving sulphur, but, also affects the availability of other nutrients which have been applied to the soil in sufficient quantities (Aulakh and Malhi, 2004). Therefore, to maintain the soil health and to improve the mulberry growth and quality, the addition of sulphur fertilizer, that provides early as well as crop long nutrient supply, is necessary.

A large number of studies have reported a marked influence of applied S on the yields of several cereals, pulses, oilseeds, vegetables, forages and other crops as reported in numerous reviews and publications (Singh, 2000 and 2001; Aulakh and Chhibba, 1992), however, literature is scanty in this aspect for mulberry. As the Gangetic alluvial soils are deficient in sulphur content which is a limiting factor for the sustainable production of quality mulberry leaf and as no work has so far been done in

this respect in Eastern India, therefore, studies were carried out to evaluate the effect of different levels as well as sources of sulphur on growth attributes, nutrients uptake, net return, benefit: cost ratio of mulberry and the nutrient status of soil too. The results are presented in this paper.

MATERIALS AND METHODS

An experiment was conducted at Central Sericultural Research and Training Institute Berhampore, West Bengal, India with mulberry (variety S₁₆₃₅) as the test crop planted at 60 cm × 60 cm spacing in a randomized block design with three replications under irrigated condition from 2005 to 2009 and the plantation was maintained following the recommended package of practices (Purohit and Pavan Kumar, 1996). Initial physicochemical characteristics of experimental soil are presented in Table I.

The treatments included the application of graded levels of sulphur (0, 20, 30 and 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ in five equal split doses) through two sources, namely, elemental sulphur (ES) and ammonium sulphate (AS). All the treatments including the control received recommended doses of N, P₂O₅ and K₂O at 336 : 180 : 112 kg ha⁻¹ year⁻¹, which were applied in five equal split doses along with 20 t Farm Yard Manure ha⁻¹ year⁻¹. The NPK were applied in the form of urea, diammonium phosphate (DAP) and muriate of potash. Annually five crops were harvested and the annual yield was computed by pooling three years' data. The plantation was pruned at a height of 15 cm every time.

Table I. Initial physicochemical characteristics of experimental soil.

Tableau I. Caractéristiques physico-chimiques initiales du sol de l'expérience.

Characteristics	Status	Reference of the analytical methods followed
<i>Caractéristiques</i>	<i>Nature</i>	<i>Référence des méthodes analytiques suivies</i>
Texture	Sandy clay loam <i>Terreau d'argile sableuse</i>	Black, 1965
pH (1:2.5)	8.27	Jackson, 1973
EC (dS m ⁻¹)	0.15	Jackson, 1973
Organic carbon (g kg ⁻¹) / <i>Carbone organique (g kg⁻¹)</i>	5.13	Black, 1965
Alkaline KMnO ₄ -N (kg ha ⁻¹)	177.0	Subbiah and Asija, 1956
Olsen-P (kg ha ⁻¹)	35.0	Jackson, 1973
NH ₄ OAC -K (kg ha ⁻¹)	352.0	Jackson, 1973
CaCl ₂ -S (kg ha ⁻¹)	19.0	Chesnin and Yien, 1951

Growth attributes, namely, plant height, number of shoots/plant, number of leaves/plant, length of leaf bearing shoots/plant, number of nodes/plant and leaf area along with leaf and shoot yields were recorded crop wise. Nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur contents in leaves were analyzed as per the standard procedures (Piper, 1966) and ultimately the uptake of these nutrients was calculated. Initial and post-harvest soil samples were collected following the principle of "composite soil sampling" and analyzed as per standard procedures. Finally, the benefit : cost ratio has been calculated. Statistical analysis of the three years' pooled data had been done using the two-way ANOVA.

RESULTS AND DISCUSSION

Growth attributes:

All the growth attributes, namely, plant height, number of shoots/plant, number of leaves/plant, length of leaf bearing shoots/plant, number of nodes/plant and leaf area increased significantly due to S application from 20 to 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ in both the forms (ES and AS) over control, the maximum being with 40 kg S as ammonium sulphate (Table II).

Table II. Effect of sulphur on growth attributes of mulberry.

Tableau II. Effet du soufre sur les attributs de croissance du mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Plant height (cm)			No. of shoots/ plant		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
	<i>Hauteur du plant (cm)</i>			<i>Nbre de pousses / plant</i>		
<i>Niveaux de soufre (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>
0	107.91	106.15	111.31	6.48	9.09	8.65
20 (ES)	112.12	108.20	113.28	7.32	9.52	9.08
30 (ES)	114.03	109.56	115.33	7.67	9.95	9.44
40(ES)	115.72	112.92	117.43	7.48	10.37	9.91
20 (AS)	113.13	108.81	115.32	7.08	9.81	9.40
30(AS)	113.48	111.20	116.83	7.08	10.09	9.69
40(AS)	113.75	116.08	119.40	7.40	10.69	10.11
SE (±)		0.157			0.021	
Test of significance / Test de signification						
Source	F – test	CD (P < 0.05)	F – test	CD (P < 0.05)		
Sulphur / Soufre	**	1.18	**	0.16		
Year / Année	**	0.77	**	0.10		
Sulphur × Year	**	2.04	**	0.27		
Soufre × année						

Table II. (...Continued...)/ Tableau II. (...Suite...).

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	No. of leaves/ plants			No. of nodes/ plant		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)	Nbre de feuilles / plant			Nbre de noeuds / plant		
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
0	98.32	132.37	136.15	113.04	159.19	164.39
20 (ES)	106.13	140.21	137.72	121.04	167.57	169.37
30 (ES)	115.04	147.17	141.09	136.31	175.37	172.19
40(ES)	118.36	150.40	148.65	131.93	184.36	180.03
20 (AS)	111.39	142.15	139.09	128.24	178.12	171.08
30(AS)	111.39	147.70	145.13	129.55	179.21	175.81
40(AS)	112.97	154.20	154.84	131.55	187.76	191.35
SE (±)		0.275			0.248	
Test of significance / Test de signification						
Source		F - test	CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)	
Sulphur / Soufre		**	2.06	**	1.86	
Year / Année		**	1.35	**	1.22	
Sulphur × Year						
Soufre × an		**	3.57	**	3.22	

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Length of leaf bearing shoots/ plant (cm)			Leaf area (sq. m./ 100 leaves)		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)	Longueur des pousses portant des feuilles / plant (cm)			Surface foliaire (m ² / 100 feuilles)		
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
0	494.89	632.04	647.53	1.30	1.14	0.96
20 (ES)	542.47	672.71	679.92	1.34	1.18	0.99
30 (ES)	593.18	709.65	698.09	1.41	1.22	1.04
40(ES)	590.21	739.07	746.85	1.46	1.25	1.09
20 (AS)	547.72	706.13	699.61	1.36	1.18	1.03
30(AS)	564.71	717.17	732.28	1.43	1.22	1.06
40(AS)	573.28	777.20	770.73	1.42	1.28	1.13
SE (±)		1.696			0.002	
Test of significance / Test de signification						
Source		F - test	CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)	
Sulphur / Soufre		**	12.72	**	0.02	
Year / Année		**	8.33	**	0.01	
Sulphur × Year		**	22.04	*	0.03	
Soufre × Année						

Table III. Effect of sulphur on yields of mulberry.

Tableau III. Effet du soufre sur les rendements du mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Leaf yield (t ha ⁻¹ year ⁻¹)			Shoot yield (t ha ⁻¹ year ⁻¹)		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)	Rendement foliaire (t ha ⁻¹ an ⁻¹)			Rendement en pousses (t ha ⁻¹ an ⁻¹)		
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
0	33.82	33.59	29.69	24.29	23.57	20.13
20 (ES)	37.64	34.51	30.74	27.37	24.62	20.77
30 (ES)	37.65	35.50	32.28	28.37	25.56	21.65
40 (ES)	36.49	37.66	33.66	26.92	27.79	23.14
20 (AS)	36.11	35.83	32.19	26.49	25.60	22.13
30 (AS)	37.39	36.88	32.92	27.56	26.22	22.61
40 (AS)	36.70	38.07	34.25	27.69	28.90	23.51
SE (±)		0.717			0.773	

Test of significance / Test de signification

Source	F - test	CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)
Sulphur / Soufre	**	0.54	**	0.58
Year / Année	**	0.35	**	0.38
Sulphur × Year	**	0.93	**	1.00
Soufre × Année				

Yields and moisture contents:

The mulberry leaf yield (pool of 3 years) increased significantly due to S application from 20 to 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ in both the forms over control, the maximum being with 40 kg S as ammonium sulphate (Table III) and the mulberry shoot yield has also showed the same trend. However, the moisture contents of leaf and shoot (Table IV) did not increase significantly due to S application.

The increase in growth and yield of mulberry may be attributed to the involvement of sulphur in the formation of chlorophyll, activation of enzymes, protein synthesis, meristematic activity etc (Jat *et al.*, 2008; Tandon, 1995). Moreover, the improved nutritional environment as a result of increased sulphur supply might have favorably influenced the carbohydrate metabolism. The increase in leaf yield was due to increase in the photosynthesis which resulted into the accumulation of higher amount of carbohydrates in the vegetative portion of the plant and ultimately enhancing the growth and leaf yield. The results are in agreement with the findings of Bansal *et al.* (2000).

Nutrients uptake:

Uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and sulphur by mulberry leaf was found to be statistically significant upto the application of 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ in both the forms (ES and AS) over control, the maximum being with 40 kg S as ammonium sulphate (Table V).

The increase in uptake of N, P, K and S might be due to the influence of sulphur on physical, chemical and biological properties of soil resulting in the change like significant drop in soil pH. Due to drop in pH, there was an increased availability of native nutrients (Swarup, 1981).

Table IV. Effect of sulphur on moisture contents of mulberry.

Tableau IV. Effet du soufre sur la teneur en eau du mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Leaf moisture (%)			Shoot moisture (%)		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)	Humidité de la feuille (%)			Humidité de la pousse (%)		
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	3 ^{ème} année
0	75.93	77.07	76.94	73.72	77.98	75.48
20 (ES)	76.81	77.23	78.21	75.56	78.38	75.35
30 (ES)	76.63	77.32	76.26	74.99	78.07	75.21
40 (ES)	76.52	76.73	77.12	76.02	77.46	75.68
20 (AS)	76.53	76.97	77.33	75.46	77.76	75.89
30 (AS)	76.46	76.91	77.21	76.39	77.09	74.88
40 (AS)	76.73	77.54	77.01	75.42	78.05	76.43
SE (±)		0.088			0.133	

Test of significance / Test de signification

Source	F - test	CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)
Sulphur / Soufre	-	NS	-	NS
Year / Année	**	0.43	**	0.65
Sulphur × Year	-	NS	-	NS
Soufre × année				

Soil Studies:

The electrical conductivity and organic carbon content of the post harvest soil did not show any significant change due to graded level of sulphur addition in both the forms, but, the pH of the post harvest soil decreased significantly due to S application over the control, the maximum being with 40 kg S as ammonium sulphate (Table VI).

The change in available S-status of post harvest soil showed that the application of sulphur significantly improved S content of soil over no sulphur control (Table VI). Further, increasing levels of sulphur increased available S in soil. The content of available S in the soil was highest at highest S level (40 kg ha⁻¹ year⁻¹ as ammonium sulphate).

This may be attributed to relatively less absorption of sulphur by mulberry than its supply. The responses to sulphur have also been reported by Tripathi *et al.* (1995). Ammonium sulphate proved superior to elemental sulphur in respect of available S content of soil, as Ammonium sulphate is an immediate source of SO₄-S, whereas elemental sulphur takes sufficient time for oxidation. Similar results were also reported by Tripathi *et al.* (1995). However, available nitrogen, phosphorus and potassium contents of the post harvest soil did not show any significant change due to sulphur application.

Table V. Effect of sulphur on nutrients uptake of mulberry leaf.

Tableau V. Effet du soufre sur l'absorption de nutriments par la feuille de mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	N uptake (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)			P uptake (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
<i>Niveaux de soufre (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>Absorption de N (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>			<i>Absorption de P (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>		
	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>
0	286.04	236.65	218.60	32.62	28.03	24.00
20 (ES)	285.82	280.37	240.69	34.79	28.08	22.61
30 (ES)	334.98	263.73	226.83	38.32	30.05	25.93
40(ES)	342.02	265.95	245.14	38.28	33.94	27.61
20 (AS)	280.97	266.71	243.90	36.05	30.58	26.46
30(AS)	318.90	329.93	267.93	36.54	30.59	28.51
40(AS)	345.44	307.02	273.43	39.03	31.36	29.90
SE (±)		1.204			0.131	
Test of significance / Test de signification						
Source	F - test		CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)	
Sulphur / Soufre	**		9.03	**	0.98	
Year / Année	**		5.91	**	0.64	
Sulphur × Year	**		15.64	**	1.70	
Soufre × Année						

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	K uptake kg ha ⁻¹ year ⁻¹)			S uptake (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)		
	1 st year	2 nd year	3 rd year	1 st year	2 nd year	3 rd year
<i>Niveaux de soufre (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>Absorption de K (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>			<i>Absorption de S (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>		
	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>	<i>1ère année</i>	<i>2ème année</i>	<i>3ème année</i>
0	143.18	139.73	129.21	8.11	8.52	7.39
20 (ES)	160.56	147.84	133.00	10.51	9.05	7.46
30 (ES)	159.77	163.29	147.07	10.05	9.13	8.55
40(ES)	157.67	165.19	147.46	9.45	9.71	8.56
20 (AS)	152.42	157.83	139.44	10.22	9.41	7.93
30(AS)	148.19	162.16	143.63	9.68	10.55	8.93
40(AS)	160.24	166.46	152.37	10.55	9.92	8.83
SE (±)		0.640			0.039	
Test of significance / Test de signification						
Source	F - test		CD (P < 0.05)	F - test	CD (P < 0.05)	
Sulphur / Soufre	**		4.80	**	0.29	
Year / Année	**		3.14	**	0.19	
Sulphur × Year	**		8.31	**	0.51	
Soufre × année						

Table VI. Physicochemical properties of the post harvest soil.

Tableau VI. Propriétés physico-chimiques du sol après la récolte.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	pH	Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	Organic carbon (g kg ⁻¹)	Available nutrients contents (kg ha ⁻¹)			
				N	P	K	S
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)		Conductivité électrique (dS m ⁻¹)	Carbone organique (g kg ⁻¹)	Teneur en nutriments disponibles (kg ha ⁻¹)			
				N	P	K	S
0	8.00	0.31	7.00	221.00	45.00	353.33	18.10
20 (ES)	7.51	0.24	7.23	220.67	43.33	340.67	22.94
30 (ES)	7.62	0.24	7.17	208.33	40.33	336.00	28.75
40(ES)	7.52	0.23	7.33	205.33	38.67	310.00	32.41
20 (AS)	7.58	0.26	7.53	215.00	42.00	351.33	23.57
30(AS)	7.50	0.25	7.37	208.67	38.67	320.00	29.03
40(AS)	7.42	0.21	7.17	202.33	38.00	310.67	33.00
SE (±)	0.037	0.008	0.233	4.763	1.725	13.847	0.382
F - test	*	-	-	-	-	-	**
CD (P < 0.05)	0.30	NS	NS	NS	NS	NS	3.04

Table VII. Economics of application of different sulphur levels and sources to mulberry.

Tableau VII. Aspects économiques concernant l'application de différents niveaux et sources de soufre au mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Increase in leaf yield over control (t)	Increase in monetary return over control (\$)	Cost of treatments (\$)	Cost of application of treatments (\$)	Net profit/ return (\$)	Benefit : cost ratio
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ an ⁻¹)	Augmentation du rendement foliaire par rapport au témoin (t)	Augmentation du profit monétaire par rapport au témoin (\$)	Coût des traitements (\$)	Coût de l'application des traitements (\$)	Profit net/ benefice (\$)	Ratio Benefice : coût
0	—	—	—	—	—	—
20 (ES)	1.94	83.95	15.14	4.33	64.48	3.31 : 1.00
30 (ES)	2.78	120.29	22.72	4.33	93.24	3.45 : 1.00
40(ES)	3.58	154.91	30.29	4.33	120.29	3.47 : 1.00
20 (AS)	2.35	101.69	9.52	4.33	87.84	6.34 : 1.00
30(AS)	3.37	145.82	14.28	4.33	127.21	6.84 : 1.00
40(AS)	3.98	172.22	19.04	4.33	148.85	6.37 : 1.00

Cost of 1 kg of mulberry leaf is \$ 0.04 / Le coût d'1kg de feuilles de mûrier est de 0,04 \$.

Cost of 1 kg of Elemental sulphur is \$ 0.76 / Le coût d'1 kg de soufre élémentaire est de 0,76 \$.

Cost of 1 kg of Ammonium sulphate is \$ 0.14 / Le coût d'1kg de sulfate d'ammonium est de 0,14 \$.

Cost of 1 kg of Urea is \$ 0.11 / Le coût d'1 kg d'urée est de 0,11 \$.

Ammonium sulphate contains 24.0 % sulphur and 20.0% nitrogen / *Le sulfate d'ammonium contient 24 % de soufre et 20 % d'azote.*

Economics:

The study indicated that the graded levels of sulphur in both the forms increased the gross and net economic returns of mulberry production (Table VII). The maximum gross and net incomes of \$ 172.22 and \$ 148.85 were obtained by the application of S at 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ as ammonium sulphate (Table VII). Though the benefit:cost ratio was maximum in case of 30 kg S ha⁻¹ year⁻¹, but, the economic elasticity extends upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ (Table VII).

CONCLUSION

From the above studies, it is inferred that sulphur has significant influence on mulberry leaf production and leaf nutrients uptake upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ in the S-deficient sandy clay loam soils under irrigated condition. As such, 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ as ammonium sulphate along with the recommended doses of N, P and K is recommended for mulberry gardens existing under irrigated condition of Gangetic plains of Eastern India to enhance economic returns.

REFERENCES

- AULAKH M. S., MALHI S. S. (2004) Fertilizer nitrogen use efficiency as influenced by interactions with other nutrients. In: *Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the impacts of Fertilizer use on Food Production and the Environment* (Editors: A.R. Mosier, J.K. Syers and J. R. Freney), Island Press, Washington, USA, pp. 181-191
- AULAKH M. S., CHHIBBA I. M. (1992) Sulphur in soils and responses of crops to its application in Punjab. *Fert. News*, 37(9), 33-45
- BANSAL S., KUSHWAHA H. S., KUSHWAHA S. S. (2000) Effect of source and level of sulphur on growth, yield and quality of mustard. *Agric. Sci. Digest*, 20(3), 174-176
- BLACK C. A. (1965) *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA, pp. 849-1378.
- CHESNIN L., YIEN C. H. (1951) Turbidimetric determination of available sulphur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 15, 149-151
- JACKSON M. L. (1973) *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 134-485.
- JAT J. R., KANTHALIYA P. C., MEHRA R. K. (2008) Effect of sulphur and zinc on yield, micronutrient content and uptake (Fe, Mn, Cu and Zn) by mustard on Ustochrepts. In: *Proceedings of the National Seminar on micro and secondary nutrients for balanced fertilization and food security*, Indian institute of Soil Science, Bhopal, pp. 139-144
- MAHADEVAPPA L., MAGADI S. P., PRABHURAJ D. K., THIMMAREDDY H., BONGALE U. D. (2001) Available sulphur status in some mulberry growing soils of Karnataka. In: *Proceedings of the National Seminar on Mulberry Sericulture Research in India*, KSSRDI, Bangalore, pp 161-165
- PIPER C. S. (1966) *Soil and Plant Analysis*. University of Adelaide, Australia, pp. 251-301
- PURHIT K. M., PAVAN KUMAR T. (1996) Influence of various agronomical practices in India on the leaf quality of mulberry, a review. *Sericologia*, 36 (1), 27-39
- SINGH M. V. (2000) Sulphur management for oilseed and pulse crops. *IISS Bull* 3, Indian Institute of Soil Science, Bhopal, India, pp. 1-54
- SINGH M. V. (2001) Importance of sulphur in balanced fertilizer use in India. *Fert. News*, 46(10), 13-35
- SUBBIAH B. V., ASIJA G. L. (1956) A rapid procedure for the estimation of available nitrogen in soil. *Curr. Sci.*, 25, 259-261.

- SWARUP A. (1981) Effect of gypsum, green manure, FYM and Zinc fertilization on the zinc, iron and manganese nutrition of wet land. *Soil Science*, 39, 530-536
- TANDON H. L. S. (1995) Sulphur fertilizers for Indian agriculture, 2nd Edition, Fertilizer Development and Consultation Organization, New Delhi, pp. 101
- TRIPATHI S. B., SINGH R. S., TRIPATHI R. K. (1995) *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 43, 641

EFFET DES NIVEAUX ET DES SOURCES DE SOUFRE SUR LA CROISSANCE, LE RENDEMENT, L'ABSORPTION DE NUTRIMENTS CHEZ LE MURIER (*MORUS ALBA* L.) ET SUR SES ASPECTS ECONOMIQUES

P. C. BOSE, R. KAR & A. K. BAJPAI

Soil Science and Chemistry Section, Central Sericultural and Training Institute,
Berhampore – 742 101, Ouest du Bengale, Inde.

*On a réalisé une expérience sur le terrain de 2005 à 2009 au Central Sericultural Research and Training Institute, à Berhampore dans l'ouest du Bengale, en Inde pour étudier l'effet de différents niveaux et sources de soufre chez le mûrier (*Morus alba* L.). On applique des doses progressives de soufre (0 à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹) par deux sources (soufre élémentaire et sulfate d'ammonium) avec les doses recommandées d'azote, de phosphore et de potassium à un sol de terreau d'argile sableuse déficient en S dans des conditions d'irrigation. L'analyse des données regroupées sur trois ans montre que les attributs de croissance, le rendement, l'absorption des nutriments, le profit net et le ratio coût-bénéfice sont influencés de manière significative par l'application de soufre jusqu'à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ avec les deux sources.*

INTRODUCTION

L'impact des engrais NPK pour augmenter la production de feuilles de mûrier est bien connu. Dernièrement, le soufre a pris de l'importance comme le quatrième nutriment essentiel de la plante après N, P et K et il joue un rôle important non seulement pour augmenter le rendement en feuilles de mûrier, mais aussi pour améliorer sa qualité, en raison de son association avec la synthèse de la protéine dans la feuille de mûrier (Mahadevappa, 2001). L'utilisation continue d'engrais sans soufre, associée à l'augmentation du taux d'exportation du soufre avec l'adoption de cultivars de mûrier à rendement élevé et à l'intensité des récoltes de plus en plus importante a entraîné une carence en soufre dans les sols des muraies.

De plus en plus, la carence en soufre devient un des facteurs limitatifs à des augmentations supplémentaires durables de la production de mûrier. Puisque la matière organique du sol est la source naturelle de réapprovisionnement de la réserve disponible (SO₄⁻²), le manque général en matière organique des sols tropicaux entraîne un besoin en soufre qui dépasse de loin les réserves naturelles. Il faut donc inclure des engrais qui contiennent du soufre dans le programme de fertilisation du mûrier puisqu'une utilisation équilibrée d'engrais est l'un des principaux facteurs d'amélioration du rendement et de la qualité du mûrier.

La carence en soufre affecte non seulement les fonctions impliquant le soufre, mais aussi la disponibilité dans les autres nutriments qui ont été appliqués dans le sol en quantités suffisantes (Aulakh et Malhi, 2004). Pour maintenir la santé du sol et améliorer la croissance et la qualité du mûrier l'ajout d'engrais de soufre, qui fournit une réserve précoce en nutriments ainsi que pendant toute la durée de la culture est donc nécessaire.

Un grand nombre d'études parues dans de nombreuses revues et publications ont rapporté l'influence marquée de l'application de S sur les rendements de plusieurs céréales, légumes secs, graines huileuses, légumes, fourrages et autres cultures (Singh, 2000 et 2001 ; Aulakh et Chhibba,

1992), cependant la littérature est rare chez le mûrier sur cet aspect. Comme les sols alluviaux du Gange sont carencés en soufre, ce qui est un facteur limitatif à la production durable de feuilles de mûrier de qualité et comme jusqu'à présent aucun travail n'a été réalisé jusqu'à présent à ce sujet dans l'est de l'Inde, nous avons donc entrepris des études pour évaluer l'effet de différents niveaux et sources de soufre sur les attributs de croissance, l'absorption des nutriments, le profit net, le ratio bénéfice : coût du mûrier, ainsi que sur l'état des nutriments dans le sol. Les résultats sont présentés dans cet article.

MATERIELS ET METHODES

On a réalisé une expérience au *Central Sericultural Research and Training Institute*, de Berhampore, dans l'ouest du Bengale en Inde avec du mûrier (variété S1635) comme culture testée, plantée à un espacement de 60 cm × 60 cm selon une conception aléatoire en blocs avec trois répétitions dans des conditions d'irrigation, de 2005 à 2009 et on entretient la plantation en suivant l'ensemble des pratiques recommandées (Purohit et Pavan Kumar, 1996). Les caractéristiques physicochimiques initiales du sol sont présentées dans le Tableau I.

Les traitements impliquent l'application de niveaux progressifs de soufre (0, 20, 30 et 40 Kg ha⁻¹ an⁻¹ en cinq doses égales séparées) par deux sources, à savoir du soufre élémentaire (ES) et du sulfate d'ammonium (AS). Tous les traitements y compris le témoin reçoivent les doses recommandées de N, P₂O₅ et de K₂O à raison de 336 : 180 : 112 kg ha⁻¹ an⁻¹, qui sont appliquées en cinq doses égales séparées avec 20 t de fumier de ferme ha⁻¹ an⁻¹. On applique NPK sous forme d'urée, de phosphate diammonium (DAP) et de muriate de potassium. On recueille cinq récoltes par an et on calcule le rendement en regroupant trois années de données. On taille la plantation à une hauteur de 15 cm à chaque fois.

On enregistre les attributs de croissance à savoir la hauteur du plant, le nombre de pousses / plant, le nombre de feuilles / plant, la longueur des pousses portant des feuilles / plant, le nombre de nœuds / plant et la surface foliaire avec les rendements en feuilles et en pousses en fonction des récoltes. On analyse les teneurs en azote, en phosphore, en potassium et en soufre des feuilles d'après les procédures standard (Piper, 1966) et en dernier lieu on calcule l'absorption de ces nutriments. On recueille les échantillons de sol initiaux et après récolte en suivant le principe « d'échantillonnage composite du sol » et on les analyse d'après les procédures habituelles. En dernier lieu, on calcule le ratio bénéfice : coût. On procède à l'analyse statistique de trois années de données regroupées en utilisant l'ANOVA à deux facteurs.

RESULTATS ET DISCUSSION

Attributs de croissance :

Tous les attributs de croissance à savoir la hauteur du plant, le nombre de pousses / plant, le nombre de feuilles / plant, la longueur des pousses portant des feuilles / plant, le nombre de nœuds / plant et la surface foliaire augmentent significativement grâce à l'application de S de 20 à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ sous les deux formes (ES et AS) par rapport au témoin, avec un maximum avec 40 kg de S sous forme de sulfate d'ammonium (Tableau II).

Rendements et teneur en humidité :

Le rendement en feuilles de mûrier (regroupement de 3 années) augmente significativement grâce à l'application de S de 20 à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ sous les deux formes par rapport au témoin, le rendement maximum étant obtenu avec 40 kg de S sous forme de sulfate d'ammonium (Tableau III) et le rendement en pousses de mûrier présente aussi la même tendance. Cependant, la teneur en humidité

de la feuille et de la pousse (Tableau IV) n'augmente pas significativement sous l'effet de l'application de S.

On pourrait attribuer l'augmentation de la croissance et du rendement du mûrier à l'implication du soufre dans la formation de la chlorophylle, l'activation des enzymes, la synthèse des protéines, l'activité méristématique, etc... (Jat et coll., 2008 ; Tandon, 1995). De plus, l'amélioration de l'environnement nutritionnel sous l'effet de l'augmentation de l'apport en soufre pourrait avoir favorablement influencé le métabolisme des hydrates de carbone. L'augmentation du rendement foliaire est due à l'augmentation de la photosynthèse, qui entraîne l'accumulation d'une quantité plus élevée d'hydrates de carbone dans la partie végétative de la plante et en fin de compte l'augmentation de la croissance et du rendement foliaire. Les résultats concordent avec ceux de Bansal et coll., (2000).

Absorption des nutriments :

L'absorption d'azote, de phosphore, de potassium, et de soufre par la feuille de mûrier s'avère statistiquement significative jusqu'à l'application de $40 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ sous les deux formes (ES et AS) par rapport au témoin, avec un maximum avec 40 kg de S sous forme de sulfate d'ammonium (Tableau V).

L'augmentation de l'absorption de N, P, K et S pourrait être due à l'influence du soufre sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, ce qui entraîne des changements tels qu'une baisse significative du pH du sol. En raison de la baisse du pH, il y a une augmentation de la disponibilité en nutriments d'origine (Swarup, 1981).

Etudes du sol :

La conductivité électrique et la teneur en carbone organique du sol après la récolte ne présentent pas de changement significatif avec l'augmentation progressive du niveau de soufre sous les deux formes, mais le pH du sol baisse significativement après la récolte sous l'effet de l'application de S par rapport au témoin, la baisse étant maximum avec 40 kg de S sous forme de sulfate d'ammonium (Tableau VI).

Le changement de la disponibilité en S dans les sols après la récolte montre que l'application de soufre améliore significativement la teneur en S dans le sol par rapport au témoin sans soufre (Tableau VI). Par ailleurs, l'augmentation des niveaux de soufre augmente la disponibilité de S dans le sol. La teneur en S disponible dans le sol est plus élevée au niveau d'apport de S le plus élevé ($40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ sous forme de sulfate d'ammonium).

On pourrait attribuer cela à une absorption du soufre par le mûrier relativement moins importante que ses réserves. Tripathi et coll., (1995) ont aussi fait des études sur les réponses au soufre. Le sulfate d'ammonium s'avère être supérieur au soufre élémentaire par rapport à la teneur en S disponible dans le sol, puisque le sulfate d'ammonium est une source immédiate de $\text{SO}_4\text{-S}$, tandis que le soufre élémentaire prend un certain temps pour l'oxydation. Tripathi et coll., (1995) ont aussi rapporté des résultats similaires. Cependant, les teneurs en azote, en phosphore, et en potassium disponibles dans le sol après la récolte ne présentent pas de changement significatif sous l'effet de l'application de soufre.

Aspects économiques :

L'étude indique que des niveaux progressifs de soufre sous les deux formes augmentent les profits économiques bruts et nets de la production de mûrier (Tableau VII). On obtient les revenus bruts et nets maximums de $172,22 \$$ et de $148,85 \$$ avec l'application de S à raison de $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ sous forme de sulfate d'ammonium (Tableau VII). Bien que le ratio bénéfice : coût soit maximum dans le cas de $30 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$, l'élasticité économique s'étend jusqu'à $40 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ (Tableau VII).

CONCLUSION

D'après cette étude, on en conclut que le soufre a une influence significative sur la production de feuilles de mûrier et sur l'absorption des nutriments par la feuille jusqu'à $40 \text{ kg S ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ dans des sols de terreau d'argile sableuse carencés en S dans des conditions d'irrigation. A ce titre, on recommande $40 \text{ kg de S ha}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ sous forme de sulfate d'ammonium avec les doses recommandées de N, P et K pour les muraies des plaines du Gange dans des conditions d'irrigation dans l'est de l'Inde pour améliorer les profits économiques.

SURVIVAL OF *MACROPHOMINA PHASEOLINA* IN SOIL AND DEBRIS CAUSING CHARCOAL ROT IN MULBERRY

N. B. CHOWDARY, D. D. SHARMA, V. R. MALA & S. M. H. QADRI

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

*The results on the survival of **M. phaseolina** revealed that the pathogen population initially increased slightly up to 4 months after inoculation in both the soils (sterile and non-sterile). The pathogen survived up to 29 months in mulberry root debris. Pathogen recovery was 100 % up to 15 months. However, pathogen recovery has gradually decreased after 15 months and recorded as only 5.16 % recovery at 29th month period of incubation. Gradual increase of **M. phaseolina** population in both the sterilized and non-sterilized soils up to four months was recorded in the present study. However, the pathogen population progressively declined and was completely eliminated after 15 months in the sterilized soil and 11 months in the non-sterilized soil. The pathogen has survived up to 29 months in the infected mulberry plant debris stored in ambient conditions. The findings of this study clearly reveal that the farmers while taking up new mulberry plantation in sick soils of charcoal root rot affected mulberry plots, should keep a minimum period of 11 months crop holiday, after complete destruction of earlier mulberry crop roots/ plant debris before taking up new mulberry plantation.*

Keywords: Mulberry, charcoal rot, survival, *Macrophomina phaseolina*, soil.

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus* spp.) is intensively cultivated as perennial crop throughout the year for its foliage to feed silkworm (*Bombyx mori* L.). The crop is prone to various diseases leading to economic loss to the sericulturists. Various types of root rot diseases viz., dry root rot [*Fusarium solani* (Mart.) Sacc./*F. oxysporum* Schlecht.], black root rot [*Botryodiplodia theobromae* Pat.] and charcoal root rot [*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid] become more alarming because of their epidemic nature and propensity to kill the plant (Sharma *et al.*, 2003). Among these, charcoal root rot is most dangerous causing leaf yield loss up to 31.5 % besides deteriorating the leaf quality (Marimuthu, 2005; Chowdary, 2006). Detailed information on the longevity of propagules of plant pathogenic fungi in soil and plant debris is essential in order to forecast/forewarn the potential for disease occurrence and recommend appropriate control measures (Abawi *et al.*, 1985). Hence, studies were conducted on the survival of *Macrophomina phaseolina* causing charcoal root rot of mulberry in soil (sterile and non sterile) and mulberry root debris.

MATERIALS AND METHODS

1. Survival in soil :

Air dried finely ground one kg of field soil (clay loam) was filled up into tumbler pots and moistened. The mouth of the pots was wrapped with paper and sterilized by autoclaving at 1.4 kg/sq. cm pressure for two hours each day for three consecutive days. Sand maize inoculum of *M. phaseolina* was mixed at 5 % (w/w) with this soil in the culture room. The pots (soil) were incubated at room temperature by maintaining the soil moisture at 40 % of its field capacity. Earlier, the field

capacity of the soil used for the experiment was determined by using the Wagner pots as per the recommended procedures (Sankaran and Mudaliar, 1993). A second set of experiment was set up in the same manner with the non-sterilized soil. The experiment was conducted in Complete Randomized Design (CRD) with three replications. The population was estimated as Colony Forming Units (CFU) of *M. phaseolina* in these soils, by serial dilution plate technique (Waksman, 1922) using Potato Dextrose Agar (PDA) medium at monthly intervals and expressed as CFU/g soil.

2. Survival in plant debris:

The diseased mulberry root system showing the *M. phaseolina* root rot symptoms were collected from the field, shade dried to remove excess moisture after which the infected root tissues were separated and stored in a cloth bag in ambient conditions. The isolation of the pathogen from plant debris was done at monthly intervals by the tissue segment method as described earlier (Rangaswami and Mahadevan, 1999). During each interval, 25 root segments were used for isolation with three replications and the recovery percentage of the pathogen was calculated.

3. Statistical analysis:

The data recorded on survival of *M. phaseolina* in soil and mulberry root debris was subjected to test of significance (ANOVA) using INDOSTAT statistical software. In addition, post-hoc tests viz., Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was also done in order to calculate the significant differences among means belonging to different experiments.

RESULTS

1. Survival in soil:

The results of experiment on the survival of *M. phaseolina* revealed that the pathogen population initially increased slightly up to 4 months after inoculation in both the soils (sterile and non-sterile). The statistical analysis of the data revealed significant ($P \leq 0.05$) difference among the months, soils and disease incidence (Table I).

2. Survival in plant debris:

The survival of pathogen in the plant debris studies showed that the pathogen survived in mulberry plant debris up to 29 months. Pathogen recovery was 100 % up to 15 months. However, pathogen recovery has gradually decreased after 15 months and recorded as only 5.16 % recovery at 29th month period of incubation. The statistical analysis revealed the significant ($P \leq 0.05$) difference between the months of incubation period and recovery of pathogen (Table II).

DISCUSSION

Gradual increase of *M. phaseolina* population in both the sterilized and non-sterilized soils up to four months was recorded in the present study. Gangopadhyay *et al.* (1982) reported that the population of *M. phaseolina* initially increased slightly up to four months after inoculation in both sterile and non-sterile soils. Suriachandraselvan and Seetharaman (2000) have also reported similar observations. This might probably be due to the time lag required for the acclimatization and establishment of the pathogen population in the soil amongst the competitors due to the soil microbiological complexity. During this period some of the dormant sclerotia might use the transient nutrients, germinate and produce secondary sclerotia (Pan and Sen, 1983). However, the pathogen population progressively declined and completely stood eliminated after 15 months in the sterilized soil and 11 months in the non-sterilized soil.

Table I. Survival of mulberry root rot pathogen *M. phaseolina* in soil.

Tableau I. Survie du pathogène du pourrissement de la racine de mûrier, *M. phaseolina*, dans le sol.

Months after inoculation	Population of <i>M. phaseolina</i> (CFU $\times 10^4$ / g soil)*	
	Sterilized soil	Non-sterilized soil
Nbre de mois après l'inoculation	Population de <i>M. phaseolina</i> (CFU $\times 10^4$ / g sol)*	
	Sol stérilisé	Sol non stérilisé
0 month / 0 mois	16.00 ^g $\pm$ 0.12	16.00 ^f $\pm$ 0.12
1 st month / 1 mois	20.03 ^f $\pm$ 0.12	18.83 ^e $\pm$ 0.46
2 nd month / 2 mois	22.26 ^d $\pm$ 0.15	21.16 ^c $\pm$ 0.22
3 rd month / 3 mois	26.53 ^b $\pm$ 0.15	23.96 ^b $\pm$ 0.09
4 th month / 4 mois	30.06 ^a $\pm$ 0.09	24.00 ^a $\pm$ 0.06
5 th month / 5 mois	28.70 ^c $\pm$ 0.16	20.03 ^d $\pm$ 0.09
6 th month / 6 mois	24.90 ^c $\pm$ 0.18	15.90 ^g $\pm$ 0.06
7 th month / 7 mois	19.90 ^h $\pm$ 0.06	6.90 ^h $\pm$ 0.06
8 th month / 8 mois	16.20 ⁱ $\pm$ 0.12	3.90 ⁱ $\pm$ 0.06
9 th month / 9 mois	14.66 ^j $\pm$ 0.19	1.96 ^j $\pm$ 0.03
10 th month / 10 mois	13.20 ^k $\pm$ 0.31	1.00 ^k $\pm$ 0.12
11 th month / 11 mois	10.03 ^l $\pm$ 0.12	0.53 ^l $\pm$ 0.03
12 th month / 12 mois	7.03 ^m $\pm$ 0.09	0.00 ^m $\pm$ 0.00
13 th month / 13 mois	5.73 ⁿ $\pm$ 0.12	0.00 ^m $\pm$ 0.00
14 th month / 14 mois	3.90 ^o $\pm$ 0.06	0.00 ^m $\pm$ 0.00
15 th month / 15 mois	0.93 ^p $\pm$ 0.09	0.00 ^m $\pm$ 0.00
16 th month / 16 mois	0.00 ^q $\pm$ 0.00	0.00 ^m $\pm$ 0.00
SEM	0.13	0.05
CD ($P \leq 0.05$)	0.27	0.10

*Mean of three replications. / Moyenne de trois répétitions.

Means in the column, followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) / Les moyennes dans la colonne, suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes sur le plan statistique ($P \leq 0.05$) selon le test à classement multiple de Duncan (DMRT).

The survival ability of the sclerotia of *M. phaseolina* in the soil for over a year was reported earlier (Pan and Sen, 1983). Similarly, Suriachandraselvan and Seetharaman (2000) have also reported that the pathogen *M. phaseolina* could survive 13 months in sterilized soil and 10 months in non-sterilized soil. The population decrease was more pronounced in non-sterilized soil, which corroborates with the observation of Mustafee and Chattopadhyay (1983). The maximum survival in sterilized soil might be explained by a reduction in inhibition of *M. phaseolina* resulting from the reduction/absence of the antagonistic microorganisms in the soil (Norton, 1953; Suriachandraselvan and Seetharaman, 2000) or by the absence of competence for space and nutrients at the onset of sclerotial germination (Mustafee and Chattopadhyay, 1983). The present findings are also in similar line with previous findings.

Table II. Survival of *M. phaseolina* in mulberry root debris.Tableau II. Survie de *M. phaseolina* dans les débris de la racine de mûrier.

Period (months)	Recovery (%) of <i>M. phaseolina</i> *
Période (mois)	Taux de présence (%) de <i>M. phaseolina</i> *
0 month / 0 mois	100.00 ^a ± 0.00
1 st month / 1 ^{er} mois	100.00 ^a ± 0.00
2 nd month / 2 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
3 rd month / 3 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
4 th month / 4 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
5 th month / 5 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
6 th month / 6 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
7 th month / 7 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
8 th month / 8 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
9 th month / 9 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
10 th month / 10 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
11 th month / 11 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
12 th month / 12 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
13 th month / 13 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
14 th month / 14 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
15 th month / 15 ^{ème} mois	100.00 ^a ± 0.00
16 th month / 16 ^{ème} mois	97.00 ^b ± 0.19
17 th month / 17 ^{ème} mois	92.33 ^c ± 0.12
18 th month / 18 ^{ème} mois	80.00 ^f ± 0.09
19 th month / 19 ^{ème} mois	82.33 ^d ± 0.14
20 th month / 20 ^{ème} mois	82.00 ^{d,e} ± 0.08
21 st month / 21 ^{ème} mois	78.00 ^{f,g} ± 0.06
22 nd month / 22 ^{ème} mois	80.36 ^{d,c} ± 0.10
23 rd month / 23 ^{ème} mois	75.16 ^h ± 0.11
24 th month / 24 ^{ème} mois	65.06 ⁱ ± 0.08
25 th month / 25 ^{ème} mois	60.03 ^j ± 0.09
26 th month / 26 ^{ème} mois	57.96 ^j ± 0.05
27 th month / 27 ^{ème} mois	39.26 ^k ± 0.11
28 th month / 28 ^{ème} mois	12.56 ^l ± 0.08
29 th month / 29 ^{ème} mois	5.16 ^m ± 0.09
30 th month / 30 ^{ème} mois	0.00 ⁿ ± 0.00
SEM	0.73
CD ($P \leq 0.05$)	2.08

*Mean of three replications / Moyenne de trois répétitions.

Means in the column, followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) according to the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) / Les moyennes dans la colonne, suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes sur le plan statistique ($P \leq 0.05$) selon le test de classement multiple de Duncan (DMRT).

The pathogen has survived up to 29 months in the infected mulberry plant debris stored in ambient conditions. Ahmed and Ahmed (1969) reported that *M. phaseolina* remained viable for a considerable period in sclerotial form in the infected roots in the soil. Short and Wyllie (1978) linked the survival

with the sclerotia present in the crop debris since plant tissues provided energy and protection for survival of pathogen. Dwivedi and Dubey (1987) also opined the same. Watanabe (1978) reported that sclerotia formed in plant tissue were viable even after three years. Suriachandraselvan and Seetharaman (2000) reported the survival of *M. phaseolina* up to 39 months in sunflower plant debris. The results of the present study are in conformity with the previous reports.

CONCLUSION

The findings of this study clearly reveal that the farmers while taking up new mulberry plantation in sick soils of charcoal root rot affected mulberry plots, should keep a minimum period of 11 months crop holiday, after complete destruction of earlier mulberry crop roots/ plant debris before taking up new mulberry plantation.

REFERENCES

- ABAWI G. S., GROGAN R. T. & DUNIWAY J. M. (1985) Effect of water potential on survival of sclerotia of *Sclerotinia minor* in two California soils. *Phytopathology*, 75: 217-221.
- AHMED N. & AHMED Q. A. (1969) Physiologic specialization in *Macrophomina phaseoli* (Mauhl.) Ashby causing stem rot of jute, *Corchorus* spp. *Mycopath. Mycol. Appl.*, 39: 129-138.
- CHOWDARY N. B. (2006) Studies on root rot disease of mulberry (*Morus* spp.) and its management with special reference to the antagonistic microbes. *Ph.D. Thesis*, University of Mysore, Mysore, India.
- DWIVEDI R. S. & DUBEY R. C. (1987) Effect of fungicides on survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in soybean stem in soil. *Int. J. Trop. Plant Dis.*, 5: 147-152.
- GANGOPADHYAY S., WYLLIE T. D. & TEAQUE W. R. (1982) Effect of bulk density and moisture content of soil on the survival of *Macrophomina phaseolina*. *Plant Soil*, 68: 241-247.
- MARIMUTHU T. (2005) Mulberry root rot caused by *Macrophomina phaseolina*. *Proc. Brainstorming session on mulberry root rot*, August 9th, 2005, Centre for Plant Protection studies, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, pp. 1-5.
- MUSTAFEE T. P. & CHATTOPADHYAY S. B. (1983) Survivability of soilborne pathogens with and without host tissues. *Indian Phytopathol.*, 36: 58-61.
- NORTON D. C. (1953) Linear growth of *Sclerotium bataticola* through soil. *Phytopathology*, 43: 633-636.
- PAN S. & SEN C. (1983) Survivability of parent and fungicide tolerant isolates of *Macrophomina phaseolina*. *Indian Phytopathol.*, 36: 484-488.
- RANGASWAMI G. & MAHADEVAN A. (1999) *Diseases of crop plants in India*. 4th Edition, Publishers- Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi, India, pp. 60-79.
- SANKARAN S. & MUDALIAR V. T. S. (1993) *Principles of Agronomy*. Publishers- The Bangalore Printing & Pub. Co. Ltd., Bangalore, India, pp. 244-245.
- SHARMA D. D., NAIK V. N., CHOWDARY N. B. & MALA V. R. (2003) Soilborne diseases of mulberry and their management – A review. *Int. J. Indust. Entomol.*, 7: 93-106.
- SHORT G. E. & WYLLIE T. D. (1978) Inoculum potential of *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology*, 68: 742-746.
- SURIACHANDRASELVAN M. & SEETHARAMAN K. (2000) Survival of *Macrophomina phaseolina*, the causal agent of charcoal rot of sunflower in soil, seed and plant debris. *J. Mycol. Plant Pathol.*, 30: 402-405.
- WAKSMAN S. A. (1922) A tentative outline of the plate method for the determination of the number of microorganism in the soil. *Soil Sci.*, 14: 27-28.
- WATANABE T. (1978) Survivability of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in naturally infected soils and longevity of the sclerotia formed *in vitro*. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.*, 39: 333-337.

SURVIE DE *MACROPHOMINA PHASEOLINA* RESPONSABLE DE LA POURRITURE CHARBONNEUSE CHEZ LE MURIER DANS LE SOL ET DANS LES DEBRIS

N. B. CHOWDARY, D. D. SHARMA, V. R. MALA & S. M. H. QADRI

Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore – 570 008, Inde.

Les résultats sur la survie de *M. phaseolina* révèlent que la population pathogène augmente légèrement au début jusqu'à 4 mois après l'inoculation dans deux types de sols (stérile et non stérile). Le pathogène survit jusqu'à 29 mois dans les débris de racines de mûrier. On recueille 100 % de pathogènes jusqu'à 15 mois. Cependant le recueil de pathogènes baisse progressivement au bout de 15 mois et on n'en recueille plus que 5,16 % au bout du 29^{ème} mois d'incubation. Dans cette étude, on enregistre une augmentation progressive de la population de *M. phaseolina* à la fois dans les sols stérilisé et non stérilisé jusqu'à quatre mois. Cependant, la population pathogène baisse progressivement et est complètement éliminée au bout de 15 mois dans le sol stérilisé et de 11 mois dans le sol non stérilisé. Le pathogène survit jusqu'à 29 mois dans les débris des plants de mûrier infestés stockés dans les conditions ambiantes. Les résultats de cette étude montrent clairement que lorsque les fermiers entreprennent une nouvelle plantation de mûriers dans les sols malades des parcelles de mûrier atteintes par la pourriture charbonneuse de la racine, ils devraient respecter une période minimum de repos des cultures de 11 mois, après la destruction complète des racines / des débris des plants des précédentes cultures de mûrier, avant d'entreprendre une nouvelle plantation de mûriers.

INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus* spp.) est cultivé de manière intensive pour son feuillage comme culture pérenne pendant toute l'année pour nourrir le ver à soie (*Bombyx mori* L.). La culture est sujette à diverses maladies, qui entraînent des pertes économiques pour les sériciculteurs. Des types variés de maladies de la pourriture de la racine, c'est-à-dire la pourriture sèche des racines [*Fusarium solani* (Mart.) Sacc. / *F. oxysporum* Schlecht.], la pourriture noire de la racine [*Botryodiplodia theobromae* Pat.] et la pourriture charbonneuse de la racine [*Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid] sont devenues alarmantes en raison de leur nature épidémique et de leur propension à tuer la plante (Sharma et coll., 2003). Parmi celles-ci, la pourriture charbonneuse de la racine est la plus dangereuse, parce qu'elle provoque une perte de rendement qui va jusqu'à 31,5 %, tout en détériorant la qualité de la feuille (Marimuthu, 2005 ; Chowdary, 2006). Les observations détaillées sur la longévité des propagules des champignons pathogènes de la plante dans le sol et dans les débris de plantes sont essentielles afin de prévoir / de prévenir le potentiel d'apparition de la maladie et de recommander les mesures de lutte appropriées (Abawi et coll., 1985). Nous avons donc entrepris des études sur la survie de *Macrophomina phaseolina* responsable de la pourriture charbonneuse de la racine chez le mûrier dans le sol (stérile et non stérile) et dans les débris de racine du mûrier.

MATERIELS ET METHODES

1. Survie dans le sol :

On remplit des pots avec un kg de sol de terrain (terreau d'argile) finement moulu et séché à l'air et on l'humidifie. On recouvre l'ouverture des pots avec du papier et on les stérilise en les passant à l'autoclave avec une pression de $1,4 \text{ kg / cm}^2$ pendant deux heures chaque jour pendant trois jours de suite. On mélange un inoculum de *M. phaseolina* dans du sable à maïs à 5 % (w / w) avec ce sol dans la pièce de culture. On incube les pots (sol) à température ambiante en maintenant l'humidité du sol à 40 % de sa capacité sur le terrain. Auparavant, on détermine la capacité de terrain du sol utilisé pour l'expérience en utilisant des pots de Wagner d'après les procédures recommandées (Sankaran et Mudaliar, 1993). On réalise un deuxième lot d'expériences de la même manière avec du sol non stérilisé. On réalise l'expérience selon une conception aléatoire complète (CRD) avec trois répétitions. On estime la population d'après les unités formant colonie (CFU) de *M. phaseolina* dans ces sols, d'après la technique de dilution en série sur plaques (Waksman, 1922) en utilisant un milieu agar de dextrose de pomme de terre (PDA) à intervalles mensuels et on l'exprime en tant que CFU / g de sol.

2. Survie dans les débris des plants :

On recueille sur le terrain le système racinaire malade du mûrier présentant des symptômes de pourriture de la racine *M. phaseolina*, on le sèche à l'ombre pour enlever l'excès d'humidité, puis on sépare les tissus infestés de la racine et on les stocke dans un sac en tissu dans les conditions ambiantes. On procède à l'isolement du pathogène dans les débris des plantes à intervalles mensuels d'après la méthode de segment des tissus décrite précédemment (Rangaswami et Mahadevan, 1999). Pendant chaque intervalle, on utilise 25 segments de racine pour l'isolement avec trois répétitions et on calcule le pourcentage de recueil du pathogène.

3. Analyse statistique :

Les données enregistrées sur la survie de *M. phaseolina* dans le sol et dans les débris des racines de mûrier sont soumises au test de signification (ANOVA) en utilisant le logiciel statistique INDOSTAT. De plus, on procède aussi aux tests post-hoc, c'est-à-dire au test de classement multiple de Duncan (DMRT), afin de calculer les différences significatives entre les moyennes pour les différentes expériences.

RESULTATS

1. Survie dans le sol :

Les résultats de l'expérience sur la survie de *M. phaseolina* montrent que la population de pathogènes augmente légèrement au début jusqu'à 4 mois après l'inoculation dans les deux sols (stérile et non stérile). L'analyse statistique des données révèle une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les mois, les sols et l'incidence de la maladie (Tableau I).

2. Survie dans les débris des plantes :

La survie du pathogène dans les débris des plantes montre que le pathogène survit dans les débris des plants de mûrier jusqu'à 29 mois. Le recueil de pathogènes est de 100 % jusqu'à 15 mois. Cependant, le recueil de pathogènes baisse progressivement au bout de 15 mois et on n'en recueille plus que 5,16 % au bout du 29^{ème} mois après l'incubation. L'analyse statistique révèle une différence significative ($P \leq 0,05$) entre les mois de la période d'incubation et la présence du pathogène (Tableau II).

DISCUSSION

Dans cette étude, on enregistre une augmentation progressive jusqu'à 4 mois de la population de *M. phaseolina* à la fois dans les sols stérilisés et non stérilisés. Gangopadhyay et coll., (1982) ont signalé que la population de *M. phaseolina* augmente légèrement au début jusqu'à 4 mois après l'inoculation à la fois dans les sols stériles et non stériles. Suriachandraselvan et Seetharaman (2000) ont aussi rapporté des observations similaires. Cela pourrait probablement être dû au décalage dans le temps nécessaire à l'acclimatation et à l'établissement de la population pathogène dans le sol parmi les concurrents, compte tenu de la complexité microbiologique du sol. Pendant cette période, certaines des sclérotés dormants pourraient utiliser des nutriments transitoires, germer et produire des sclérotés secondaires (Pan et Sen, 1983). Cependant, la population pathogène baisse progressivement et est complètement éliminée au bout de 15 mois dans le sol stérilisé et de 11 mois dans le sol non stérilisé.

On a déjà rapporté la capacité de survie des sclérotés de *M. phaseolina* dans le sol pendant plus d'un an (Pan et Sen, 1983). De même, Suriachandraselvan et Seetharaman (2000) ont aussi rapporté que le pathogène *M. phaseolina* peut survivre 13 mois dans le sol stérilisé et 10 mois dans le sol non stérilisé. La baisse de la population est plus prononcée dans le sol non stérilisé, ce qui confirme les observations de Mustafee et Chattopadhyay (1983). On peut expliquer la survie maximum dans le sol stérilisé par une diminution de l'inhibition de *M. phaseolina*, qui provient de la diminution / de l'absence de microorganismes antagonistes dans le sol (Norton, 1953 ; Suriachandraselvan et Seetharaman, 2000) ou par l'absence de compétence pour l'espace et les nutriments au début de la germination scérotiale (Mustafee et Chattopadhyay, 1983). Les résultats actuels sont similaires aux résultats antérieurs.

Le pathogène survit jusqu'à 29 mois dans les débris des plants de mûrier infestés stockés dans les conditions ambiantes. Ahmed et Ahmed (1969) ont signalé que *M. phaseolina* reste viable sous forme sclérotiale pendant une durée considérable dans les racines infestées, dans le sol. Short et Wyllie (1978) ont lié la survie à la présence de sclérotés dans les débris des cultures, puisque les tissus de la plante apportent l'énergie et la protection pour la survie du pathogène. Dwivedi et Dubey (1987) ont aussi émis le même avis. Watanabe (1978) a aussi signalé que les sclérotés qui se forment dans les tissus des plantes sont viables, même au bout de trois ans. Suriachandraselvan et Seetharaman (2000) ont rapporté la survie de *M. phaseolina* jusqu'à 39 mois dans des débris de plant de tournesol. Les résultats de cette étude confirment les rapports antérieurs.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent clairement que lorsque les fermiers entreprennent une nouvelle plantation de mûrier dans les sols malades des parcelles de mûrier atteintes par la pourriture charbonneuse de la racine, ils doivent respecter une période minimum de repos des cultures de onze mois, après la destruction complète des racines / des débris des plants de la précédente culture de mûrier, avant d'entreprendre une nouvelle plantation de mûrier.

THE ART OF CURIOUS ERI SILK LAP SHEET EN ROUTE TO QUILTING

K. CHAOBA SINGH, N. MOHENDRO SINGH, L. SOMEN SINGH & N. IBOTOMBI SINGH

Regional Tasar Research Station, Central Silk Board, Ministry of Textiles : Government of India
Mantripukhri-795 002, Imphal, Manipur, INDIA

E-mail address: kchaoba_singh@rediffmail.com; somen_laishram@yahoo.com.in;
ibotombisingh@yahoo.com.in;

A quilt [Kontha (Sanskrit, meaning 'rags'), Kantha (West Bengal), Sujni (Bihar), Kenha or Kheta (East Bengal)] has three layers : the quilt top (the decorative part), the middle layer / batting / wadding (the filling that gives the quilt extra warmth and also contributes to its padded look), and the quilt backing. The material used in the middle layer is usually of natural fibres including cotton, wool, polyester and silk, prepared in the form of floss. The process of formation of the lap sheet is too compelling, laborious, cumbersome and time consuming. The present study tries to solve these limitations, and develop a mechanism for eri silk lap sheet as middle layer quilt filler. Here, we present information on some technological aspects of the development of a Ready-made Eri Lap Sheet (RELS). The RELS technology is a simplified and improvement over the traditional method of lap sheet formation already in used in eri silk spinning process, which clearly has by now evolved as a structure with its own qualities in eri silk quilting.

Keywords: Quilt, quilting, eri silk, RELS technology.

INTRODUCTION

A quilt [Kontha (Sanskrit, meaning 'rags'), Kantha (West Bengal), Sujni (Bihar), Kenha or Kheta (East Bengal)] is generally a rectangular or oblong piece of garment that is worn to cover the love for someone who cares about. A quilt is a legacy. A quilt is mainly worn to give a warm feeling as winter covers and wraps for books and valuables and as mats for ceremonial purposes. A quilt generally consists of three layers : the quilt top (the decorative part), the middle layer / batting / wadding (the filling that gives the quilt extra warmth and also contributes to its padded look), and the quilt backing. The stitching or tying of the three layers together is called quilting, which adds texture and an additional design element to the surface. It is equally a choice of gents in ancient India. It can be any size, and one can make a quilt for a pillow top, a wall hanging, or ones bed, size is not a restriction. On the other hand, quilting is a symbol of recycling, of conservation, and of making do. Quilts are produced from various raw materials, but pre-dominant among all is common scraps of fabrics and turning them into beautiful works of art. The quilts are reversible, so they can suit every occasion and room. It is a lovely bed cover that fits a large bed or a luxurious blanket to keep you warm on your sofa. Quilting, again, is an expression of love, because when you have made a quilt, you realize no one would make one just to pass the time. The process of traditional quilt formation is too compelling, time-consuming, laborious and cumbersome and all involving due to the nature of the middle fluffy layer and the embroidery designs. It may be cotton, wool, polyester or silk floss, but surveys are effective in determining traditional public knowledge of innovations. Of all the varieties, silk quilt, woven from very fine, soft and flossy silk of *Bombyx mori* in China is very popular worldwide. This

kind of quilt is widely produced in China. However, quilts made of natural silks rather than *B. mori* is uncommon. A survey by the authors revealed positive public attitudes toward sericulture and implications of rural development. The authors surveyed residents of four sericulture leading states of North East India (Assam, Nagaland, Meghalaya, and Manipur) and found that specific attitudes of the target audience need to be addressed when designing a luxurious quilt.

The objectives were to evaluate public attitudes toward the development of a technology and to provide a framework for insisting the tribals and peoples of other backward classes in rural areas of the region to remove the feeling of poor nature of sericulture.

HISTORY OF QUILT

Quilting has been around for centuries. The exact origin of quilt is not known. However, historians know that quilting, piecing, and appliqué were used for clothing and furnishings all over the world since a long period of time. It is believed that quilting originated in China and Egypt simultaneously where the three layers of a quilt were stitched together to keep the middle layer from slipping and clumping. The earliest recorded quilted garment was found on a carved ivory figure of a pharaoh from the first dynasty and is dated to be from 3400 BC (Fons and Porter, 1993).

Later in the eleventh century, the crusaders brought a form of quilting to Europe from the Middle East. Knights used quilted garments under their armour for added comfort, warmth and protection. Henceforth quilting was a common form of needle work. The very first quilts were layers of cloth sewn together with a few strong running stitches. These primitive quilts resembled the thick and cumbersome pallets which were slept upon. Due to the difficulty in stitching the many layers together the quilting frame was invented (Fons and Porter, 1993).

The nineteenth century was a great quilt age in Europe and America. It was a time of quilting-bees, when the rural inhabitants would gather together and make one or more quilts in an afternoon. Women welcomed a chance to get out of the confines of the house while still doing something useful. However, quilting was not a regular pastime for America. These quilts were produced for utility and pleasure, and are the inspiration for today's quilters. They are also an important part of American Folk Art (Fons and Porter, 1993).

While, quilt in India evolved out of necessity to drape or protect against cold. It can rightly be called the recycling art. When the precious silks and muslins became worn-out, women instead of throwing them away, piled them in layers and sewed. Legend has it that Lord Buddha and his disciples used to cover themselves with the thrown away rags patched and stitched together or quilt cover. The oldest reference to quilt in India is in "Sri Sri Chaitanya Charitamrita" by Krishnadas Kaviraj which was written some 500 years back (Anonymous, 2008). Quilt was said to be a lady's self expression. The true quilt narrates a story, the emotions and the life of the artist. Quilts can provide clue to the past. Quilts can provide warmth. Quilts can provide beauty and value. Quilts can provide heritage. Quilts can provide enjoyment from working with colour, texture, and pattern. Thus, quilts were popular among Indians in variety of forms since ancient times.

There are seven different types of quilts based on how it is made and the end use.

- **Lep quilts** are rectangular wraps heavily padded to make warm coverlets. The entire piece would be stitched in wavy, rippled designs over which simple embroidery was executed.
- **Sujani quilts** are rectangular pieces of cloth used as blankets or spreads on ceremonial occasions. This started in 18th century in Bihar.
- **Baiton quilts** are square wraps used for covering books and other valuables. They are elaborately patterned with borders of several rows of colourful designs.

- **Oaar quilts** are rectangular pillow covers in simple designs with a decorative border sewn around the edges.

- **Archilata quilts** are small, rectangular covers for mirrors or toilet accessories with wide, colourful borders in assorted motifs.

- **Durjani/thalia quilts** are small rectangular pieces with a central lotus design and embroidered borders. Three corners of the rectangle are folded inward to form a wallet.

- **Rumal quilts** are used as absorbent wipes or plate coverings. They also feature a central lotus with ornamented borders.

Niaz Zaman (1993) in her book *The Art of KANTHA Embroidery* classified the quilts into the following categories according to the stitch employed:

- **Running stitch quilt:** Running stitch quilt is truly the indigenous quilt. They are subdivided into Nakshi or figured and par tola weight or patterned. Nakshi or figured quilts are again divided into motif quilt or scenic ones.

- **Lohori quilt:** The name derived from Persian word 'lehr' meaning wave. This quilt is particularly popular in Rajshahi. These quilts are further divided into soja (straight or simple) quilt, Kautar khupi (pigeon coop or triangle), borfi or diamond (charchala, atchala or barachala, etc).

- **Lik or Anarasi (pine apple) quilt:** Found in Chapainawabgonj and Jessore area. The variations are lik tan, lik tile, lik jhumka, lik lohari.

- **Cross Stitch or Carpet quilt:** This quilt was introduced by the English during the British Rule in India. The stitch employed in these quilts is cross stitch.

- **Sujni quilt:** This quilt is found only in Rajshahi area. The popular motif used is undulating floral and vine motif.

Quilt embroidery stitching is also used to make simple quilts and quilt has nowadays become very popular with tourists as a special item.

Beautified with embroidery work which boasts of some of India's famous regional specialty like zari work, patchwork, phulkari work, bandhani work, bead work, appliqué work & a host of other such arresting patterns well supported by vibrant colours manages to adorn the living room with class & grandeur. The style & trends have undergone tremendous makeover with changing phase in its making.

Eri silk quilts are generally used as wrappers; all articles made by quilting old cloth may also be referred to by the same generic name. However, depending on the size and purpose quilts may be divided into various articles, each with its specific names as follows (Ahmad, 1997):

- **Quilt (lep in bangla):** A light quilted covering made from the old sarees/dhotis/lungis and sometimes from sheet cloths.

- **Large spread (Naksi Kantha in bangla):** An embellished quilt embroidered in traditional motifs and innovative style.

- **Puja floor spread (ason in bangla):** Cloth spread for sitting at a place of worship or for honoured guest.

- **Cosmetic wrapper (arshilota in bangla):** A narrow embroidered wrapper to roll and store away a woman's comb, mirror, eye kohl, vermilion, sandal paste, oil bottle, etc. Often a tying string is found to bind the wrap as in later day satchels.

- **Wallet (batwa thoiley in bangla):** Small envelop-shaped bag for keeping money, betel leaves, etc.

- **Cover for Quran (ghilaf in arabic and bangla):** Envelop-shaped bag to cover the Holly Quran.

- **Prayer mats (jainamaz in bangla):** Mats used by Muslims to say prayers.

- **Floor spread (galicha in bangla):** Coverings for floor.

- **Cloths wrapper (bostani, guthri in bangla):** A square wrapper for books and other valuables.
- **Cover (dhakni in bangla):** Cover cloths of various shapes and sizes.
- **Ceremonial meal spread (daster khan in bangla):** A spread for eating place used at meal time.

- **Pillow cover (Balisher chapa or oshar in bangla):** A flat single piece pillow cover.
- **Handkerchief (Rumal):** Small and square in shape.

Modern day articles: Today newer uses are found for nakshi kanthas like bedspreads, wall hanging, cushion covers, ladies' purses, place mats, jewellery boxes, dress fronts, skirts border, shawls and sharis.

Traditionally, prior to spinning, eri cocoons are required to be degummed in an alkaline solution prepared out of the ashes of certain leaves or straw in sufficient amount of water. The quantity of alkaline ashes required is half the weight of the cocoon used. The cocoons are boiled for two or three hours with the solution for degumming and fibre comes off easily when pulled. Over-boiling weakened the fibre. It is time taking, labour intensive and de-gumming is fractional. It is now substituted by soda ash (Na_2CO_3) and washing soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3, 10\text{H}_2$) and soap solution. The clean empty eri cocoons are wrapped tied in a porous cloth or net cloth and bundle of cocoons is immersed in a stainless steel container of 20 lit capacity. It is necessary to keep the cocoons immersed in a bath by using the sinker (stone) above the cocoon bundle. Excess foaming is checked by spraying water. Cocoons are boiled for one hour and washed in warm water. The process loosens the inner content of the cocoon. The well treated cocoons are thoroughly washed in water and the dirt, if any, is removed. About 3-5 stretched cocoons are joined to make cakes (Fig. 1) and tightly stamped by hand, bunched to squeeze out water. The flattened cocoons thus form the cakes, dried and preserved for spinning at a suitable time. When these cakes are in plenty, the individual de-gummed cakes are stretched/opened in plain water into a lap thin sheet. Laps thus prepared are dried to the extent that at least 22% moisture is retained in the material. These laps are used as materials like cotton fillers for a quilt. A comparison of the economics between the traditional lap formation and RELS can be clearly shown in terms of difference in mandays. Because, the formation of silk cakes in traditional method from the individual cocoons, cleaning and arrangement of cakes to form the laps requires additional mandays and skill compared to RELS.



Figure 1. The flattened Eri (*Samia ricini*) cocoons in the form cake after washing.

Figure 1. Cocons Eri (Samia ricini) aplatis sous la forme de galettes après leur lavage.

In fact, the Indian eri quilt history initiated in Mizoram and Nagaland. The quilt produced in Mizoram is of traditional style. While in Nagaland, the method is probably developed from the people's way of prepupae/pupae extraction out of the tough cocoons. But, eventually, ornamental eri quilt industry came up with innovative designs and finishes and became popular in the region.

With rapid advances in natural silk culture, new varieties and designs of weaving have been created that are endowed with unusual but highly useful characteristics not found in their natural state. This has been possible only by special techniques that enable to weave, resulting in an innovation that could contribute to a more sustainable technology.

MATERIALS AND METHODS

Eri Silkworm and Rearing:

The eri silkworm, *Samia ricini* (Donovan) is an indigenous silkworm of the north eastern India and is commonly reared by the inhabitants of the region for its silk and pupa as a delicacy of the tribal folks. It can be reared in the region four to five times in a year. For the purpose of experiment, the silkworm is reared in the Silkworm Laboratory of Regional Tasar Research Station, Imphal (Manipur, India) indoor on bamboo trays of 1.0 m diameter by feeding the leaves of castor (*Ricinus communis*).

The Art of Eri Silk Floss Preparation – a Ready-made Eri Laps Sheet:

In traditional form of quilt, five to six layers of old cloth were embroidered together to form a quilt. The contemporary quilt is not necessarily done on old multiple layered saris, longi or dhotis. For these quilts the base fabrics used were cotton and silk. Today, the old materials are replaced by new cotton, polyester or silk cloths.



Figure 2. Eri silkworms (*Samia ricini*) sewing the threads on a plain surface inside the frame forming a fluffy pad lap sheet.

Figure 2. Vers à soie eri (*Samia ricini*) havant les fils sur une surface plate à l'intérieur du cadre et formant une couche molletonnée duveteuse.

In the present study, the mature eri silkworm swings the silk in the form of a firm fluffy lap or rolled sheet stuff. This is done by the use of false mechanism of cocoon formation. They were obstructed from the formation of normal silk cocoons surrounding their body. Instead, the silkworms when they started secretion of silk through their spinnerets, they are carefully spread over the ground or a smooth surface bounded by bamboo strips/wooden/iron pieces or inside a frame of any material of desired size (Fig. 2). The silkworms are allowed to vomit their silk contents into a smooth with uniform thickness strong silk stuff. Then the shortened silkworms called prepupae after the formation of the silk stuff remain idly above the smooth surface. Afterwards, these prepupae form pupae by casting the prepupal skin. This does not make any harm to the survival of the pupae. Such a silk stuff thus formed is called a Ready-made Eri Lap Sheet (RELS) (Fig. 2). The RELS technology is a simplified and improvement over the traditional method of lap formation already used in eri silk spinning process. The RELS has been designed to enhance the production of eri lap sheets in a simpler way. This has made eri silkworm a symbol of modesty and requires very little device. This technology allows the ericulture artisans to create a specific material of flossy silk filler (Fig. 3a) of quilts. This has substantially reduced the problem of decadence in ericulture.

The material is so fine; it would take 1,500 eri silkworms to produce enough silk for making a single m² of flossy silk filler of 1.5 kg weight. Thus, it would take 6,000 full grown silkworms to get enough material for a double size quilt. However, thickness of the quilt depends on the number of

larvae placed. Normally, it takes three days and three nights to make a quilt. But, the quantity of silk secreted by the eri silkworms decreased with the advancement of winter cold.

Washing :

The natural fibre extracted from the silkworm holds some glutinous substance (gummy substance or glue) which is removed by washing in sodium silicate and soda ash solution and bleaching in hydrogen peroxide solution as in normal practice of eri silk spinning. The gum free cotton like soft stuff of eri silk floss or lap (Fig. 3b) is now ready as quilt fillers.



(a) Before washing.
(a) Avant lavage.



b) After washing.
(b) Après lavage.

Figure 3. The prepared eri silk lap sheet after washing.
Figure 3. Les couches molletonnées préparées en soie eri après lavage.

Process and Stitches of Quilt:

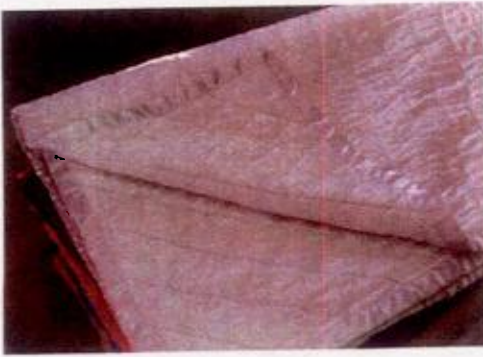
Making a quilt requires an investment of many hours of work, and if you intend for it to be an heirloom that will be passed down in your family.

The fabric has a nice feel and is closely woven. In the whole-cloth (made entirely of a single fabric piece), the visual interest is created by the quilting alone. So, eri quilt is perfect for showing off a beautiful and intricate quilting pattern.

The different sizes are as follows.

Cot size	: 100 cm × 120 cm
Double size	: 180 cm × 210 cm
Queen size	: 210 cm × 210 cm
King size	: 245 cm × 210 cm
Supa king size	: 270 cm × 240 cm

The process also offers unique combinations of properties suited to a range of specific technical applications from being simple to very intricate such as light blanket or throw or bedspread, and cushions. It is how a simple stitch can create elaborate motifs (Fig. 4a & b).



(a)



(b)

Figure 4. Eri silk quilts with cotton (a) / Sutton (b) quilt top and backing of different colours.

Figure 4. Courtepointes en soie eri avec un dessus en coton (a) / en Sutton (b) et des doublures de différentes couleurs.

Quilting.

Actually the stitch is simple running stitch. It is the way it has been used that makes it extra ordinary. The cloth was given layers that were kept together by the stitches. The cloth had multiple uses. It could be used to sleep on or as a light blanket. The various patterns are called jaal, jhod, jhinga phool, dhan chori, golak dhaga and many others all created by different placements of the running stitch.

The beauty gets heightened with ornamentation techniques such as embellishments done on these decorative fabric pieces. Quilted coverlets have, though, become quite a rage nowadays. Its' two layered fabrics are stitched together to give way to a decorative design which enhances the royal appearance. They even provide elegance & suavity to the milieu by their mere presence.

RESULTS AND DISCUSSION

Eri Silk:

Fibre properties are determined by the nature of the external and the internal structure and the chemical composition. The knowledge of the fibre properties helps to anticipate the contribution and performance of a fabric and the garment made out of it.

Eri silk, like other silks, is a kind of natural fibre which is integrated with lustrous, lightness, softness and thinness. However, eri silk is unusual and cannot be reeled or unwound. So, it is spun like cotton. Its main ingredient is animal protein that contains 18 amino acid residues which are necessary for human body, out of which, six amino acids such as aspartic acid, glutamic acid, lysine, arginine, histidine and tyrosine. Eri silk fibroin contains these amino acid residues in large quantities. These amino acids in the silk contain material that can tranquilize the human nerve, so silk quilt can relieve mental pressure, despite fatigue and promote sleeping. It shows a high water content of about 10% at the standard atmosphere of 22°C and 65% RH. It absorbs and releases moisture quickly (Akai, 2000). So, an eri silk quilt can keep our skin not too dry. Eri silk has some kind of anti-fungal property.

But, it can be affected by environmental factors such as bacterial species, temperature, humidity, etc. It is possible that the inhibitory effect can be achieved by controlling humidity at a favourable level (Akai, 1997). The silk fibroin has a function to immobilize enzyme molecules in its molecular structure, and shows an antibacterial effect as well as inhibiting bacterial proliferation. Eri silk shows an antibacterial effect, and can immobilize polypeptide molecules in their fibrous structures. Certain amino acids in eri silk fibroins show medicinal effects (Hirabayashi *et al.* 1989; Fumi, 1987). Alanine is known to improve an intestinal activity and relative symptoms caused by excessive alcohol taking, glycine depresses the level of blood pressure, and dopa derived from tyrosine show a certain effect in curing Parkinson's disease (Iizuka, 2002). According to him, eri silk can adjust our blood circulation and metabolic activities during sleeping, promote the activity of skin cell and prevent the skin from ageing too fast. The fibrous structure of eri silk that is reflected in physical properties may be very sensitive to raising conditions including climate (Iizuka and Itoh, 1997). Hence, eri silk is quite popular for being fine, softest and healthiest silk fibre.

Eri silk is one of the nature's finest insulators; it can maintain constant temperature holding heat near the body and quickly absorbs any excess moisture away from the body and into the air, regulating the temperature automatically. Eri silk is porous, which gives an excellent heat-retaining and humidity-keeping and control UV rays effectively, prevent the heat from diffusing, so eri silk quilt has function of warm-keeping. Besides, the incident ray reflects not only on the surface of a thread but also on the surface appearing in the internal parts of the thread, due to the difference in a refractive index between the substance and the gap. Therefore, the permeability especially of ultraviolet rays decreases sharply, and behaves as if they were substances in effective absorption and transmissivity of ultraviolet rays. Eri silk fibroin also contains essential amino acids such as valine, leucine, isoleucine, threonine and so forth. All these characteristics of eri silk fibroin give eri silk thread a distinction which the other natural fibres do not possess and make eri silk thread a great potential as useful materials to be utilized in various fields of industry (Iizuka, 2002). Eri silk industry is a pollution-free industry and eri silk ought to receive more attention in the world. The other unique properties include non-toxicity, biocompatibility and biodegradability (Foo and Kaplan, 2002). Further, eri silk without sericin showed higher thermal stability than silk with sericin (Prasong *et al.*, 2009). This point might differ from the comment of previous finding that sericin component should enhance the strength of the silk fibre. However, with the results of thermal behaviour that sericin free has high thermal stability. This suggested that rearrangement of amino acid components after excluding sericin has an influence on the silk properties. The process of sericin removing might enhance the crystalline formation by changing the structure from random coil to β -sheet structure since the β -sheet structure could be formed by those of the fibre reinforcement and matrix, fibre content, fibre length, fibre orientation, processing method and condition (Sofia *et al.*, 2001).

On the other hand, this process of eri lap sheet formation helps the eager tribals of the north-eastern region to collect the eri prepupae and pupae in large quantities in one instance for selling in local markets. Because, eri prepupae and pupae are delights of the tribals in the region.

Eri Silk Quilt:

1. Outer shell:

100% silk fabric / 100% cotton fabric of any colour. It is best to use pure cotton fabrics. Silk fabrics are used for a more luxurious effect. If using such fabrics, washing before use is not recommended. If they need ironing, do so at a low heat setting on the wrong side of the fabric. Quilts made from such fabrics should be dry cleaned, not washed.

2. Size: Single, double, queen, king, and custom made sizes.

3. Filling: 100% eri silk floss, not machine-made, no scrappy silk.

4. Weight: 0.5 – 3.0 kg

Eri silk quilt made of 100% of eri silk has the property of being fluffy, comfortable and healthy. Eri silk quilt is very light and no pressure on our heart is felt, so it promotes our sleeping quality. Eri silk is non-allergenic and is incredibly soft down comforter to keep the user warm during cold weather. It is very good for our respiratory system and can prevent tracheitis and asthma. It has the function of mould proof and bug proof too. It is machine washable for easy clean up and provides a fresh clean environment.

An eri silk quilt generally on the wall is unexpected, luxurious and refined. There is no comparison to the elegance of a silk quilt. Eri silk has a luxurious feel to it, and quilts made entirely of it are both lightweight and warm. The deep colour saturation, light reflecting property and weave variation in eri silk gives the quilts a luminous quality that complements fine finishes, carpets and upholstery. The handcraft eri silk quilts selecting the local pure silk as the raw material are soft and light, with good breathability as well as amino acids that are necessary for human body.

Eri silk quilt is durable, and gives a luxury feeling. It can be used for at least 10 years. During this period, it will not metamorphose, nor turn into dumpling or wisp. It is also famous for its toughness. Everybody has found the ultimate duvet, curl up less than one's luxurious duvets filled with pure eri silk floss and he will never want to sleep under any other cover again.

The practical and economic potential of eri silk is tremendous and people are eager to obtain large quantities of eri silk, which can be woven or compacted to make warm clothing and myriad other products. If this product could be commercialized it might indeed turn out to be a powerful contender for these conventional natural fibres. Would you still call eri silkworms lower creatures?

REFERENCES

- AHMAD P. (1997) *The Aesthetics and Vocabulary of Nakshi Kantha*. Bangladesh National Museum, Dhaka, Bangladesh. xv + 101 pp.
- AKAI H. (1997) Anti-bacteria function of natural silk materials. *Int. J. Wild Silkworm & Silk*. 3: 79-81.
- AKAI H. (2000) Cocoon filament characters and post-cocoon technology. *Int. J. Wild Silkworm & Silk*. 5: 71-84.
- ANONYMOUS (2008) Fashionable Indian Embroidery Styles. *Fibre2fashion.com*.
- FONS M., PORTER L. (1993) *Quilter's Complete Guide*. Birmingham: Oxmoor Hons, Inc. and Leisure Arts, Inc.: 8-9.
- FOO C W P., KAPLAN D L. (2002) Genetic engineering of fibrous proteins: spider dragline silk and collagen. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 54(8): 1131-1143.
- FUMI Y. (1987) Administration of alanine and ornithine to rats suffered from acute alcoholic hepatitis. *Bulletin of Jikei Medical School*. 102: 1231.
- HIRABAYASHI K., WATANABE M., SUZUKI M. (1989) Gelation of silk and its application. *Soc. Fibre Sci. Tech. Jpn*. 45: 236.
- IIZUKA E. (2002) Properties of wild silk and its usefulness. *Int. J. Wild Silkworm & Silk*. 7: 31-36.
- IIZUKA E., ITOH H. (1997) Physical properties of eri silk. *Int. J. Wild Silkworm & Silk*. 3: 37-42.
- PRASONG S., YAOWALAK S., WILAIWAN S. (2009) Characteristics of silk fibre with and without sericin component: a comparison between *Bombyx mori* and *Philosamia ricini* silks. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 12(11): 872-876.
- SOFIA S., MCCARTHY M B., GRONOWICZ G., KAPLAN D I. (2001) Functionalized silk based biomaterials for bone formation. *J. Biomed. Mater. Res*. 54: 139-148.
- ZAMAN N. (1993) *The Art of Kantha Embroidery*. 2nd ed. University Press Ltd., Dhaka, Bangladesh. 36.

L'ART CURIEUX DES MOLLETONS EN SOIE ERI POUR REALISER DES COURTEPOINTES

K. CHAOBA SINGH, N. MOHENDRO SINGH, L. SOMEN SINGH & N. IBOTOMBI SINGH

Regional Tasar Research Station, Central Silk Board, Ministry of Textiles: Government of India,,
Mantripukhri -795 002, Imphal, Manipur, Inde.

Adresse E-mail : kchaoba_singh@rediffmail.com ; somen_laishram@yahoo.co.in ;
ibotombisingh@yahoo.com.in

Une courtepointe [kontha (signifiant chiffons en sanscrit), Kantha (ouest du Bengale), Sujni (Bihar), Kenha ou Kheta (est du Bengale) a trois couches : le dessus de la courtepointe (la partie décorative), la couche du milieu / la ouate / le rembourrage (le remplissage qui rend la courtepointe plus chaude et contribue à son aspect rembourré) et le dos de la courtepointe. Le matériel utilisé dans la couche du milieu est en général en fibres naturelles de coton, de laine, de polyester et de soie sous forme de bourre. Le processus de formation de la couche molletonnée est trop contraignant, trop laborieux, trop encombrant et prend trop de temps. Cette étude essaie de résoudre ces limites et de mettre au point une technique de réalisation de molleton en soie eri comme rembourrage de courtepointe pour la couche du milieu. Nous présentons ici des informations sur certains aspects technologiques concernant la mise au point d'un molleton eri tout prêt (RELS). La technologie des RELS est une simplification et une amélioration par rapport à la méthode traditionnelle déjà utilisée de formation de molletons pendant le processus de filage de la soie eri, qui a clairement évolué en tant que structure avec ses qualités propres pour la réalisation de courtepointes en soie eri.

INTRODUCTION

Une courtepointe [Kontha (signifiant «chiffons » en sanscrit), Kantha (ouest du Bengale), Sujni (Bihar), Kenha ou Kheta (est du Bengale)] est en général un morceau de vêtement rectangulaire ou oblongue qui entoure d'amour la personne qui la porte et à laquelle on tient. Une courtepointe est un héritage. Les courtepointes sont surtout utilisées pour apporter de la chaleur comme couvertures l'hiver ou comme étuis pour des livres et des objets précieux ou comme tapis à des fins cérémoniales. En général, une courtepointe est constituée de trois couches : le dessus de la courtepointe (la partie décorative), la couche du milieu / la ouate / le rembourrage (le remplissage qui rend la courtepointe plus chaude et contribue à son aspect rembourré) et le dos de la courtepointe. La couture ou l'assemblage des trois couches ensemble s'appelle le piqué, qui ajoute une texture et un élément de dessin supplémentaire à la surface. Dans l'Inde ancienne, c'était également un choix de gentilhomme. Elle peut faire n'importe quelle taille et on peut l'utiliser comme taie d'oreiller, comme ornement mural, pour les lits, la taille n'étant pas une restriction.

D'autre part, la réalisation de courtepointes est un symbole de recyclage, de conservation et d'ingéniosité. On fabrique des courtepointes à partir de différentes matières premières, mais principalement à partir de tous les restes habituels de tissus pour les transformer en de magnifiques œuvres d'art. Les courtepointes sont réversibles, elles peuvent donc convenir à n'importe quelle occasion et à n'importe quelle pièce. Elles peuvent être utilisées comme de beaux couvre-lits convenant à de grands lits ou comme plaids luxueux pour avoir chaud sur son canapé. La réalisation de courtepointes est une expression d'amour, parce que quand on en a réalisé une, on sait que ce n'est

pas juste pour passer le temps. Le procédé traditionnel de formation de courtepoinette est trop contraignant, trop laborieux, trop encombrant, prend trop du temps, et est très prenant en raison de la couche duveteuse du milieu et des dessins de broderies. Elles peuvent être en coton, en laine, en polyester ou en bourre de soie. Les études sont utiles pour déterminer les connaissances du public traditionnel en matière d'innovations. De tous les types, la courtepoinette en soie, tissée à partir de bourre de soie chinoise, douce, très fine est très populaire dans le monde entier. Beaucoup de courtepointes de ce type sont fabriquées en Chine. Cependant, les courtepointes réalisées en soies naturelles autres que celle de *Bombyx mori* ne sont pas courantes. Une étude des auteurs a révélé des attitudes positives du public envers l'élevage eri et envers ses implications dans le développement rural. Les auteurs ont étudié les habitants de quatre états majeurs pour l'élevage eri dans le nord est de l'Inde (l'Assam, le Nagaland, le Meghalaya et le Manipur) et constaté qu'il faut s'occuper d'attitudes spécifiques du public ciblé lors de la réalisation d'une courtepoinette de luxe.

Les objectifs étaient d'évaluer les attitudes du public par rapport à la mise au point d'une technologie et de mettre en place un cadre pour inciter les gens des tribus et d'autres classes reculées des zones rurales de la région à se débarrasser d'un mauvais a priori sur l'élevage eri.

HISTOIRE DES COURTEPOINTES

La réalisation de courtepointes existe depuis des siècles. On ne connaît pas l'origine exacte des courtepointes. Cependant, les historiens savent que la réalisation de courtepointes, l'assemblage et l'appliqué ont été utilisés pour les vêtements et le mobilier dans le monde entier depuis longtemps. On pense que la réalisation de courtepointes est venue simultanément de Chine et d'Egypte où les trois couches d'une courtepoinette étaient cousues ensemble pour empêcher la couche du milieu de glisser et de s'amasser. Le plus vieux vêtement matelassé que l'on ait répertorié a été trouvé sur la sculpture en ivoire d'un pharaon de la première dynastie, qui remontait à 3400 avant J.C. (Fons et Porter, 1993).

Plus tard pendant le onzième siècle, les croisés ont amené en Europe une forme de courtepoinette en provenance du Moyen Orient. Les chevaliers utilisaient des vêtements matelassés sous leur armure pour plus de confort, avoir plus chaud et être mieux protégés. A partir de là, les courtepointes sont devenues une forme courante de travaux d'aiguille. Les toutes premières courtepointes étaient des couches d'étoffes cousues ensemble avec quelques points solides. Ces courtepointes primitives ressemblaient aux lourds matelas sur lesquels on dormait. En raison de la difficulté à coudre les nombreuses couches ensemble, on a inventé les cadres à matelasser (Fons et Porter, 1993).

Le dix neuvième siècle a été une époque importante pour les courtepointes en Europe et en Amérique. C'était l'époque des réunions où les habitantes des campagnes se rassemblaient et faisaient une ou plusieurs courtepointes en un après-midi. Les femmes saisissaient la chance de sortir de leur maison, tout en faisant quand même quelque chose d'utile. Cependant, la réalisation de courtepointes n'était pas un passe-temps régulier en Amérique. Ces courtepointes étaient réalisées pour leur utilité et par plaisir et elles inspirent les créateurs de courtepointes à l'heure actuelle. Elles représentent aussi une part importante de l'art populaire américain (Fons et Porter, 1993).

Alors qu'en Inde les courtepointes étaient réalisées par nécessité pour se draper ou pour se protéger du froid. On peut à juste titre l'appeler l'art du recyclage. Quand les soies et les mousselines précieuses étaient trop usées, au lieu de les jeter, les femmes les empilaient et les cousaient. La légende veut que le Seigneur Bouddha et ses disciples se couvraient avec des haillons jetés, qui étaient reprisés et cousus ensemble ou avec des couvertures matelassées. La plus vieille référence à la courtepoinette en Inde apparaît dans « Sri Sri Chaitanya Charitamrita » par Krishnadas Kaviraj qui a été écrit il y a 500 ans (Anonyme, 2008). On disait que les courtepointes étaient l'auto-expression d'une dame. La véritable courtepoinette narre une histoire et les émotions et la vie de l'artiste. Les courtepointes peuvent apporter des indices sur le passé. Les courtepointes réchauffent. Les courtepointes incarnent la beauté

et la valeur. Les courtepointes représentent un héritage. Les courtepointes apportent le plaisir de travailler avec la couleur, la texture et les motifs. Les courtepointes sont donc populaires chez les Indiens sous un ensemble de formes depuis les temps anciens.

Il existe sept différents types de courtepointes d'après la manière dont elles sont réalisées et leur utilisation finale :

- **Les courtepointes Lep** sont des couvertures rectangulaires fortement rembourrées pour faire des couvre-lits chauds. Tout l'ensemble est cousu selon des motifs de courbes et d'ondulations et orné de broderies simples.
- **Les courtepointes Sujani** sont des morceaux d'étoffe rectangulaires utilisés comme couvertures ou comme tapis lors de cérémonies. Elles ont commencé à être réalisées au 18^{ème} siècle dans le Bihar.
- **Les courtepointes Baiton** sont des étuis carrés utilisés pour recouvrir des livres, ou d'autres objets précieux. Ils ont des motifs élaborés et des bordures de plusieurs rangées de dessins colorés.
- **Les courtepointes Oaar** sont des taies d'oreillers rectangulaires aux dessins simples avec une bordure décorative cousue le long des bords.
- **Les courtepointes Archilata** sont de petits étuis rectangulaires pour les miroirs ou les accessoires de toilette aux larges bordures colorées aux motifs assortis.
- **Les courtepointes Dhurjani / thalia** sont de petits articles rectangulaires avec un motif de lotus central et des bordures brodées. Trois coins du rectangle sont pliés vers l'intérieur de manière à former un portefeuille.
- **Les courtepointes Rumal** sont utilisées comme des serviettes absorbantes ou des étuis pour assiettes. Elles ont aussi un lotus central et des bordures ornées.

Niaz Zaman (1993) dans son livre *The Art of KANTHA Embroidery* a classé les courtepointes dans les catégories suivantes, selon le point employé :

• **Courtepointe au point avant :**

La courtepointe au point avant est la véritable courtepointe indigène. Elles se partagent entre les courtepointes Nakshi ou à images et les courtepointes par tola weight ou à motifs. Les courtepointes Nakshi (à images) se divisent en courtepointes à motifs ou à scènes.

• **Courtepointe Lahori :**

Le nom vient du persan « lehr » qui signifie vague. Cette courtepointe est particulièrement populaire à Rajshahi. Ces courtepointes se partagent entre les courtepointes soja (rectilignes ou simples), Kautar khupi (pigeonnier ou triangle), borfi ou en diamant (charchala, atchal our barachala, etc...)

• **Courtepointe Lik ou Anarasi (ananas) :**

On la trouve dans la zone de Chapainawabgong et de Jessore. Les variations sont lik tan, lik tile, lik jhumka, lik lohari.

• **Courtepointe au point de croix ou tapis :**

Cette courtepointe a été introduite par les Anglais sous l'autorité Britannique en Inde. Le point employé dans ces courtepointes est le point de croix.

• **Courtepointe Sujni :**

On ne trouve cette courtepointe que dans la zone de Rajshahi. Les motifs populaires utilisés sont des ondulations de fleurs et de grappes de raisin.

On utilise le point de broderie des courtepointes pour faire des courtepointes simples et les courtepointes sont devenues très populaires chez les touristes comme souvenirs.

Les célèbres particularités régionales de l'Inde, comme les travaux de zaris, le patchwork, les travaux de phulkari, les travaux de bandhani, les travaux de perles, les travaux d'appliqué et un ensemble de modèles saisissants, qui sont embellis de broderies et bien mis en valeur par des couleurs vives ornent les séjours avec classe et grandeur. Le style et les tendances ont subi de profondes transformations et la manière de les réaliser a subi des phases de changement.

En général, on utilise les courtépointes en soie eri comme des couvertures et on se réfère à tous les articles réalisés en matelassant de vieilles étoffes par le même nom générique. Cependant, en fonction de leur taille et de leur utilisation, les courtépointes se répartissent en différents articles, dont chacun a un nom spécifique (Ahmad, 1997) :

- **Courtepointe** (lep en bengali) :

Une couverture légèrement matelassée réalisée à partir de vieux saree / dhothis / lungis et parfois de draps.

- **Grand dessus** (Naksi Kantha en bengali) :

Une courtépointe embellie brodée avec des motifs traditionnels et un style innovateur.

- **Tapis Puja** (ason en bengali) :

Un tapis en étoffe pour s'asseoir à une place de culte ou pour un invité honoré.

- **Étui pour cosmétique** (arshilota en bengali) :

Un étui étroit brodé pour contenir et ranger un peigne, un miroir de femme, du khol, de la pâte de santal ou une bouteille d'huile. Il existe souvent un cordon pour attacher l'étui comme dans les sacoches actuelles.

- **Portefeuille** (batwa thoiley en bengali) :

Petite pochette en forme d'enveloppe pour conserver son argent, des feuilles de bétel etc...

- **Couverture pour Quran** (ghila en arabe et en bengali) :

Pochette en forme d'enveloppe pour recouvrir le Quran Saint

- **Tapis de prière** (jainamaz en bengali) : Tapis utilisés par les Musulmans pour prier.

- **Tapis de sol** (galicha en bengali) :

Couvertures de sol.

- **Pochettes en tissu** (bostani, guthri en bengali) :

Une pochette carrée pour les livres et d'autres objets précieux.

- **Étui** (dhakni en bengali) :

Étui en tissu de tailles et de formes différentes.

- **Set de table cérémonial** (daster khan en bengali) :

Un set de table utilisé lors du repas.

- **Taie d'oreiller** (Balisher chapa ou oshar en bengali) :

Une taie d'oreiller simple plate.

- **Mouchoir** (Rumal) :

Petit et de forme carrée.

Articles modernes :

Aujourd'hui, on a trouvé de nouveaux usages pour les nakshi kanthas comme couvre-lits, tableaux muraux, housses de coussin, porte-monnaie pour femmes, sets de table, boîtes à bijoux, devants de robes, bordures de jupe, châles et sharis.

Traditionnellement, avant le filage, il faut décreuser les cocons eri dans une solution alcaline préparée à partir de cendres de certaines feuilles ou de paille dans une quantité suffisante d'eau. La quantité de cendres alcalines nécessaire correspond à la moitié du poids des cocons utilisés. On fait

bouillir les cocons pendant deux ou trois heures avec la solution de décreusage et les fibres viennent facilement quand on les tire. Une trop grande ébullition affaiblit la fibre. Cela prend du temps, de la main d'œuvre et le décreusage est fractionné. A présent, on les remplace par de la cendre de soude (Na_2CO_3) et de la soude de lavage ($\text{Na}_2\text{CO}_3, 10\text{H}_2$) et de la solution savonneuse. On enveloppe les cocons eri propres et vides dans un tissu poreux attaché ou une étoffe de tulle et on immerge le paquet de cocons dans un récipient en acier inoxydable de 20 litres de capacité. Il est nécessaire de conserver les cocons immergés dans le bain en utilisant un poids (pierre) au-dessus du paquet de cocons. On maîtrise l'excès de mousse en vaporisant de l'eau. On fait bouillir les cocons pendant une heure et on les lave à l'eau tiède. Le processus détend le contenu interne du cocon. On lave soigneusement les cocons correctement traités dans de l'eau et on retire les saletés, s'il y en a. On rassemble 3 à 5 cocons étirés pour faire des galettes (Fig. 1), on les tape fermement à la main et on les essore pour en retirer l'eau. Les cocons aplatis forment donc des galettes, que l'on sèche et que l'on conserve pour les filer au moment approprié. Quand on a beaucoup de ces galettes, les galettes décreusées individuellement sont étirées / ouvertes dans de l'eau pour qu'elles forment une fine couche molletonnée. On sèche les couches molletonnées ainsi préparées de manière à ce qu'il reste 22 % d'humidité dans le matériau. On utilise ces molletons comme matière pour les courtpointes comme les rembourrages en coton. D'un point de vue économique, la comparaison entre la formation du molleton traditionnel et les RELS montre clairement la différence en termes de jours de main d'œuvre. Parce qu'avec la méthode traditionnelle, la formation et le lavage de galettes de soie provenant de cocons individuels et la mise en place des galettes pour former des molletons demandent plus de main d'œuvre et de compétences par rapport aux RELS.

En fait, l'histoire indienne des courtpointe eri a commencé à Mizoram et Nagaland. La courtpointe produite à Mizoram est de style traditionnel. Tandis que dans le Nagaland, la méthode a probablement été mise au point à partir de la manière dont les gens extrayaient les pre-nymphes / les chrysalides des cocons durs. Mais, finalement, l'industrie ornementale des courtpointes a inventé des dessins et des finitions innovateurs qui sont devenus populaires dans la région.

Avec les progrès rapides de l'élevage de soie naturelle, de nouveaux types et motifs de tissage ont été créés qui sont dotés de caractéristiques inhabituelles mais très utiles, que l'on ne trouve pas à l'état naturel. Cela n'a été possible que grâce à des techniques de tissage spéciales, qui ont permis des innovations qui peuvent contribuer à une plus grande durabilité des technologies.

MATERIELS ET METHODES

Ver à soie eri et élevage :

Le ver à soie eri, *Samia ricini* (Donovan) est un ver à soie indigène du nord-est de l'Inde et il est couramment élevé par les habitants de la région pour sa soie et pour ses chrysalides qui sont des friandises pour les gens des tribus. Dans la région, on peut l'élever quatre à cinq fois par an. Dans le but de l'expérience, on élève les vers à soie dans le Laboratoire du Ver à Soie de la Station Régionale de Recherche du Tasar, à Imphal (Manipur, Inde) à l'intérieur sur des claies en bambou d'un mètre de diamètre en les nourrissant sur des feuilles de ricin (*Ricinus communis*).

L'Art de la préparation de la bourre de soie eri : un molleton eri tout prêt :

Sous la forme traditionnelle du matelassage, on brodait ensemble cinq à six couches de vieilles étoffes pour former une courtpointe. La courtpointe contemporaine n'est pas forcément faite avec de multiples couches de vieux saris, longis ou dhotis. Pour ces courtpointes, les tissus de base utilisés étaient le coton et la soie. A l'heure actuelle, les vieilles matières sont remplacées par des tissus de coton nouveau, de polyester ou de soie.

Dans cette étude, le ver à soie eri mûr bave la soie sous la forme d'un molleton duveteux ferme ou d'une couche d'étoffe roulée. Cela se produit en utilisant un faux mécanisme de formation des

cocons. On empêche la formation normale de cocons soyeux autour de leur corps. A la place, lorsque les vers à soie commencent à sécréter la soie par leurs filières, on les étale soigneusement sur le sol d'une surface lisse délimitée par des bandes de bois / des morceaux de bois / de fer ou à l'intérieur d'un cadre de n'importe quel matériau de la taille désirée (Fig. 2). On laisse les vers à soie vomir leur teneur en soie sous la forme d'une étoffe de soie solide et lisse d'épaisseur uniforme. Puis les vers à soie (affaiblis) que l'on appelle pre-chrysalides demeurent paresseusement au-dessus de la surface lisse après la formation de l'étoffe de soie. Ensuite ces pre-chrysalides forment des chrysalides en muant. Cela n'entraîne aucun dommage à la survie des chrysalides. Une étoffe de soie de ce type s'appelle une couche de molleton eri toute prête (RELS) (Fig. 2). La technologie des RELS est une simplification et une amélioration par rapport à la méthode traditionnelle déjà utilisée de formation de molletons dans le processus de filage de la soie eri. Les RELS ont été conçus pour augmenter et simplifier la production de molletons eri. Cela fait du ver à soie un symbole de modestie, car il faut très peu d'équipement. Cette technologie permet aux artisans élevant l'eri de créer une matière spécifique de rembourrage de bourre de soie (Fig. 3a) pour les courtépointes. Cela a considérablement diminué le problème de la décadence de l'élevage eri.

La matière est très fine ; il faut 1500 vers à soie eri pour produire suffisamment de soie pour réaliser un m² de rembourrage de bourre de soie d'un poids de 1,5 kg. Il faudrait donc 6000 vers à soie adultes pour obtenir assez de matière pour réaliser une courtépointe pour un grand lit. Cependant, l'épaisseur d'une courtépointe dépend du nombre de larves qu'on a placées. Normalement, il faut trois jours et trois nuits pour faire une courtépointe. Mais, la quantité de soie eri sécrétée par les vers à soie diminue avec l'avancée de l'hiver et du froid.

Lavage :

La fibre naturelle extraite du ver à soie contient une substance gluante (substance collante ou colle) que l'on retire, en la lavant dans une solution de silicate de sodium ou de soude du commerce et en la blanchissant dans une solution d'eau oxygénée comme dans la pratique normale du filage de la soie eri. L'étoffe de bourre de soie eri ou molleton (Fig. 3b) sans colle ressemblant à du coton est maintenant prête comme rembourrage de courtépointe.

Procédé et points de courtépointe :

La réalisation d'une courtépointe nécessite l'investissement de nombreuses heures de travail, si on a l'intention qu'elle représente un héritage qui soit transmis dans sa famille.

Le tissu a un toucher agréable et est étroitement tissé. Sur toute l'étoffe (entièrement faite à partir d'un unique morceau de tissu), l'intérêt visuel est créé par le piqué seul. La courtépointe est donc parfaite pour mettre en valeur un beau motif compliqué de piqué.

Les différentes tailles sont les suivantes :

Taille berceau :	100 cm × 120 cm
Grand lit :	180 cm × 210 cm
Grand lit :	210 × 210 cm
Grand lit	245 × 210 cm
Super grand lit :	270 cm × 240 cm

Le procédé offre aussi des combinaisons uniques de propriétés adaptées à un ensemble d'applications techniques spécifiques, allant de très simples à très compliquées telles que des couvertures légères, des dessus, des couvre-lits et des coussins. Cela montre comment un point simple peut créer des motifs élaborés (Figs. 4a et b).

Piqué :

En fait, le point est un point avant simple. C'est la manière dont il est utilisé qui le rend extraordinaire. L'étoffe est dotée de plusieurs couches qui sont maintenues ensemble par les points. L'étoffe a des usages multiples. On peut l'utiliser pour dormir ou comme couverture légère. Les différents motifs s'appellent jaal, jhod, jhinga phool, dhan chori, golak dhaga et de nombreux autres qui sont créés par les différents emplacements du point avant.

La beauté est rehaussée par des techniques ornementales telles que les embellissements réalisés sur ces tissus décoratifs. Les couvre-lits matelassés sont devenus très à la mode de nos jours. Ce sont deux couches de tissus cousues ensemble soulignées par un dessin décoratif, qui met en valeur l'apparence royale. Ils apportent une élégance et un raffinement par leur simple présence.

RESULTATS ET DISCUSSION

La soie eri :

Les propriétés d'une fibre sont déterminées par la nature de sa structure externe et interne et par sa composition chimique. Les connaissances des propriétés des fibres permettent d'anticiper les apports et les performances d'un tissu et des vêtements qui en sont faits.

La soie eri, comme les autres soies, est une fibre de type naturel qui intègre le lustre, la légèreté, la douceur et la finesse. Cependant, la soie eri est inhabituelle et ne peut pas être dévidée ou déroulée. Elle est donc filée comme le coton. Son ingrédient principal est une protéine animale qui contient 18 résidus d'acides aminés qui sont nécessaires au corps humain, dont six acides aminés, tels que l'acide aspartique, l'acide glutamique, la lysine, l'arginine, l'histidine et la tyrosine. La fibroïne de soie eri contient certains résidus d'acides aminés en grandes quantités. Ces acides aminés de la soie contiennent une matière qui peut tranquilliser les nerfs humains, les courtepintes en soie peuvent donc soulager la tension mentale, malgré la fatigue et promouvoir le sommeil. Elle présente une teneur élevée en eau d'environ 10 % avec une atmosphère standard de 22° C et 65 % d'HR. Elle absorbe et libère l'humidité rapidement (Akai, 2000). Une courtepinte en soie eri peut donc éviter le dessèchement de la peau. La soie eri possède un certain type de propriétés anti-fongiques. Mais, elle peut être affectée par des facteurs environnementaux tels que les espèces bactériennes, la température, l'humidité, etc.. Il est possible que l'effet inhibiteur soit atteint en contrôlant l'humidité à un niveau favorable (Akai, 1997). La fibroïne de soie a une fonction d'immobilisation des molécules des enzymes dans leur structure moléculaire, elle présente un effet antibactérien, ainsi qu'elle inhibe la prolifération des bactéries. La soie eri présente un effet antibactérien et peut immobiliser les molécules polypeptides dans leurs structures fibreuses. Certains acides aminés de la fibroïne de la soie eri présentent des effets médicaux (Hirabayashi et coll. 1989 ; Fumi, 1987). On sait que l'alanine améliore l'activité intestinale et les symptômes relatifs provoqués par la consommation excessive d'alcool, la glycine diminue le niveau de la tension artérielle et la dopa tirée de la tyrosine présente un certain effet pour guérir la maladie de Parkinson (Iizuka, 2002). Selon lui, la soie eri peut réguler la circulation du sang et les activités métaboliques pendant le sommeil, promouvoir l'activité des cellules de la peau et empêcher le vieillissement trop rapide de la peau. La structure fibreuse de la soie eri qui se reflète par ses propriétés physiques pourrait être très sensible aux conditions d'élevage y compris au climat (Iizuka et Itoh, 1997). La soie eri est donc relativement populaire en raison de sa finesse, de sa douceur, et de la qualité saine de sa fibre de soie.

La soie eri est l'un des isolants les plus fins de la nature ; elle peut maintenir une température constante, en maintenant la chaleur près du corps et absorber rapidement l'humidité excessive hors du corps et dans l'air, en régulant la température automatiquement. La soie eri est poreuse, ce qui lui donne d'excellentes qualités de rétention de la chaleur et de conservation de l'humidité, elle contrôle efficacement les rayons UV et empêche la déperdition de chaleur, la courtepinte en soie eri permet donc de tenir chaud. Par ailleurs, les rayons incidents se réfléchissent non seulement sur la surface

du fil, mais aussi sur la surface des parties internes du fil, en raison de la différence d'indice de réfraction entre la substance et l'intervalle. La perméabilité surtout aux rayons ultraviolets baisse brutalement et se comporte comme si elles étaient des substances qui absorbent et transmettent efficacement les rayons ultraviolets. La fibroïne de la soie eri contient aussi des acides aminés essentiels, tels que la valine, la leucine, l'isoleucine, la thréonine et ainsi de suite. Toutes ces caractéristiques de la fibroïne de la soie eri que les autres fibres naturelles ne possèdent pas distinguent le fil de soie eri et donnent au fil de soie eri un grand potentiel comme matériau utile que l'on peut utiliser dans différents domaines industriels (Iizuka, 2002). L'industrie de la soie eri est une industrie non polluante et on devrait accorder plus d'attention à la soie eri dans le monde entier. Ses autres propriétés uniques incluent la non toxicité, la bio-compatibilité et la biodégradabilité (Foo et Kaplan, 2002). Par ailleurs, la soie eri sans sérécine présente une plus grande stabilité thermique que la soie avec la sérécine (Prasong et coll., 2009). Cet aspect pourrait différer de résultats antérieurs selon lesquels le composant de la sérécine augmenterait la solidité de la fibre de soie. Cependant, il apparaît d'après les résultats que le comportement thermique sans sérécine a une stabilité thermique élevée. Cela suggère que le réarrangement des composants des acides aminés après l'exclusion de la sérécine a une influence sur les propriétés de la soie. Le procédé du retrait de la sérécine pourrait augmenter la formation cristalline en changeant la structure de tire-bouchon aléatoire à une structure de feuillet β puisque la structure de feuillet β peut se former par le renforcement de la fibre et de la matrice, par la teneur en fibres, par la longueur de la fibre, par l'orientation de la fibre et par la méthode et les conditions de transformation (Sofia et coll., 2001).

D'autre part, ce procédé de formation de molleton eri aide les tribus de la région du nord-est à recueillir des pré-chrysalides et des chrysalides en grandes quantités par exemple pour les vendre sur les marchés locaux. Parce que les pré-chrysalides eri et les chrysalides sont des friandises pour les tribus de la région.

Courtepointe en soie eri :

1. Enveloppe externe :

100 % de tissu de soie / 100 % de tissu de coton de n'importe quelle couleur. Il vaut mieux utiliser des tissus en coton pur. On utilise des tissus de soie pour un effet plus luxueux. Si on utilise des tissus de ce type, il est recommandé de ne pas les laver avant de les utiliser. S'ils ont besoin d'être repassés, il faut le faire à basse température sur l'envers du tissu. Les courtepointes faites à partir de ces tissus doivent être nettoyées à sec et ne doivent pas être lavées.

2. Taille :

Petit lit, grand lit, grand lit large, grand lit extra large et sur mesure.

3. Rembourrage :

100 % de bourre de soie eri, non transformée à la machine et qui ne provient pas de rejets de soie.

4. Poids :

0,5 à 3 kg.

Une courtepointe faite à partir de 100 % de soie eri a la propriété d'être soyeuse, confortable et saine. Une courtepointe en soie eri est très légère et elle n'est pas pesante, elle promeut donc la qualité du sommeil. La soie eri est anti-allergène et elle constitue un édredon incroyablement doux qui tient chaud pendant les périodes de froid. Elle est très bonne pour le système respiratoire et peut éviter la trachéite et l'asthme. Elle est anti-moisissure et anti-microbe. Elle est lavable en machine, ce qui permet un nettoyage facile et le maintien d'un environnement propre et frais.

Une courtepointe en soie eri est en général inattendue, luxueuse et raffinée sur un mur. L'élégance de la soie eri est incomparable. La soie eri donne un sentiment de luxe et les courtepointes qui en sont faites sont à la fois légères et chaudes. La saturation profonde des couleurs, la propriété de réflexion de la lumière et la variation du tissage de la soie eri donnent aux courtepointes une qualité lumineuse qui met en valeur la finesse des finitions, les tapis et les tapisseries. Les courtepointes eri artisanales utilisant la soie locale pure comme matière première sont douces, légères ; elles laissent la peau respirer et elles contiennent des acides aminés qui sont nécessaires au corps humain.

Une courtepointe en soie eri est durable et donne un sentiment de luxe. On peut l'utiliser pendant au moins dix ans. Pendant cette période, elle ne se transformera pas, et ne sera pas réduite en boulettes ou ne s'effilochera pas. Elle est aussi connue pour sa résistance. N'importe quelle personne ayant trouvé un duvet suprême s'y pelotonnera moins que dans un duvet luxueux rempli de bourre de soie eri pure et ne voudra plus jamais dormir dans une autre couverture.

Le potentiel pratique et économique de la soie eri est énorme et les gens souhaitent se procurer de grandes quantités de soie eri, que l'on peut tisser ou compresser pour faire des vêtements chauds et une myriade d'autres produits. Si ce produit pouvait être commercialisé il pourrait devenir un concurrent puissant aux fibres naturelles conventionnelles. Alors, est-ce qu'on appellerait toujours les vers à soie eri des créatures inférieures ?

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.

