

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

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*)
YAMASHITA O. (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*)
YUNGEN M. (Chine / *China*)

SOMMAIRE – CONTENTS

Articles scientifiques / Scientific papers

- Functional DNA marker assisted characterization of selected mulberry genotypes (*Morus* spp.) accessions 295**
 Caractérisation fonctionnelle des génotypes de mûrier (*Morus* spp.) assistée par les marqueurs ADN 309
 B. C. KESHAVA MURTHY, B. M. PRAKASH, H. P. PUTTARAJU & SHAILAJA HITTALMANI

- Scanning electron microscopic studies on thoracic sensilla of different larval stages in the “muga” silk moth, *Antheraea assamensis* and their role in feeding behaviour . 315**
 Etudes au microscope électronique à balayage des sensilles thoraciques de différents stades larvaires chez le papillon du ver à soie muga, *Antheraea assamensis* et de leur rôle dans leur comportement d'alimentation 333
 SUDIP DEY, SURENDRA SINGH, RAHUL CHAKRABORTY, SUDIPTO CHAUDHURY, R. N. K. HOOROO & D. K. SHARMA

Rapports techniques / Technical reports

- Identification of physiological parameters associated with drought resistance for aiding the screening process in mulberry breeding 341**
 Identification des paramètres physiologiques associés avec la résistance à la sécheresse pour faciliter le processus d'évaluation dans la sélection du mûrier 351
 MALA V. RAJAN, M. G. SABITHA, K. JHANSILAKSHMI & S. B. DANDIN

- Effect of sulphur on yield, cationic micronutrients contents and uptake by mulberry (*Morus alba* L.) 357**
 Effet du soufre sur le rendement, la teneur et l'absorption des micronutriments cationiques par le mûrier (*Morus alba* L.) 365
 P. C. BOSE, R. KAR & A. K. BAJPAI

- Seriwaste as feed substitute for broiler production 369**
 Remplacement de la nourriture par des déchets séricicoles dans la production de poulets . 379
 R. KRISHNAN, L. SHERIN, M. MUTHUSWAMI, R. BALAGOPAL & C. JAYANTHI

- Studies on the cocoon filament length and filament denier of tropical tasar 385**
 Etudes sur la longueur du filament du cocon et sur le titre du filament chez le tasar tropical 393
 GAUTAM MITRA & M. A. MOON

- Studies on the impact of environmental factors on the rearing performance of total indoor reared tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (*Daba* TV ecorace) 397**
 Impact des facteurs environnementaux sur la performance d'élevage du ver à soie tasar, *Antheraea mylitta* D. (écorace Daba TV) élevé complètement à l'intérieur 409
 G. SHIVA KUMAR, G. SHAMITHA & A. PURUSHOTHAM RAO

Evaluation of physical and comfort properties of mulberry, white eri and red eri spun silk yarn woven fabrics	415
Evaluation des propriétés physiques et de confort des tissus en fil de soie filée du mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge	433
KARIYAPPA, P. M. DAMODARA RAO & T. H. SOMASHEKAR	

Brief note / Note brève

Efficacy of some disinfectants and their effects on eggs disinfection against microbial diseases of <i>Antheraea proylei</i> Jolly	443
Efficacité de certains désinfectants et effets sur la désinfection des oeufs contre les maladies microbiennes d' <i>Antheraea proylei</i> Jolly	447
L. BIDYAPATI DEVI, N. MOHENDRO SINGH & K. CHAOBA SINGH	

FUNCTIONAL DNA MARKER ASSISTED CHARACTERIZATION OF SELECTED MULBERRY (*MORUS* SPP.) ACCESSIONS

B. C. KESHAVA MURTHY^{1*}, B. M.² PRAKASH, H. P. PUTTARAJU² & SHAILAJA
HITTALMANI¹

1. Marker Assisted Selection Laboratory, Dept. of Genetics and Plant Breeding, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bengaluru-560 065, India.
2. Laboratory of Seri-Biotechnology, Department of Biological Sciences, Bangalore University, Bengaluru-560 056, India.

Seventeen across species functional primers were used for the first time to amplify forty three mulberry varieties/species to reveal cross transferability. About 94% cross amplification was observed with 11.7% polymorphic loci and 88.3% monomorphic loci. Marker developed from hZIP factor, which is responsible for ABA-induced transcription (ABA-Abscisic acid) mediating plant responses to environmental stress, such as high salinity, drought, low temperature and mechanical wounding generated two specific bands for Weeping and Okinowa varieties. These specific markers can be effectively utilized in marker assisted selection of mulberry for developing drought resistant varieties and also can be used as potential 'identification markers' for protection, documentation and registration of mulberry accessions. The amplification for the various functional loci shows the presence cross amplification for abiotic stress related marker sequences in mulberry and such across species markers along with other genetic markers can be utilized for characterization, genome mapping and marker assisted selection in mulberry.

Keywords: Mulberry, Functional markers, Diversity, Abiotic stress, Marker Assisted Selection.

INTRODUCTION

Mulberry is cultivated under both tropical and temperate climatic conditions within India and across Asia for the production of leaves to rear silkworms. They are grown as small/medium bush and 60% of cost involved in total production of silkworm cocoon goes to mulberry cultivation only (Das and Krishna swami 1965). Mulberry is a deep rooted, woody, perennial and heterozygous species including mainly diploid cultivars with 28 chromosomes (Machii *et al.* 2000). Although several varieties have been developed targeting rainfed and irrigated regions, maximum yield potential has been only reached with varieties developed for irrigated conditions therefore varieties conferring resistance to various abiotic stresses are very essential to sustain sericulture in India. Huge consumption of breeding time with conventional methods of selection, characterization and hybridization in mulberry breeding can be reduced by the utilization of molecular markers.

The study of variability in a tree genome as a method of assessing the nature and distribution of genetic diversity is very complicated due to environmental and maturation effects. Molecular techniques offer an alternate approach that is not subject to environmental variation. Recently functionally characterized genes have facilitated the development of molecular markers from the

* keshavamurthybc@gmail.com

transcribed regions of the genome and are known as functional markers (Andersen and Lubberstedt. 2003 and Varshney *et al.* 2005). They are more precise than using genetically neutral markers that are not directly expressed by the genotype and have been utilized for estimation of genetic diversity and genome organization (Maestri *et al.* 2002; Yamanaka *et al.* 2003; Gupta *et al.* 2003) in many crop plants. It is well known that transcription factors control the expression of thousands of genes through specific binding to the cis-acting element in the promoters of the target genes and markers developed from such sequences are critical in identifying the genomic regions of many complex traits (Nakashima and Yamaguchi-Shinozaki K. 2005).

Drought is the most important phenomenon among various types of abiotic stress and development of high-yielding genotypes for such factors will always be an important breeding objective. In breeding strategies of mulberry more emphasis has been towards the development of varieties suitable for irrigated ecosystem rather than for drought conditions. The powerful new tools of biotechnology on association with skills of breeding can design informative experiments and through this blending breakthroughs in one crop are frequently used on other crops because of the common background of plant development and metabolism. It has been reported that studies on one type of plant stress may help studies on other stresses because of common principles operating in diverse stress-response pathways (Bennett, 2001). In view of recent developments of genomics assisted breeding in crop improvement, the present investigation was carried out to reveal the cross transferability of markers developed from rice transcription factors influencing genes behind abiotic stress in mulberry varieties and species.

MATERIALS AND METHODS

Plant materials:

Forty three mulberry genotypes including varieties and species (Table I) collected from germplasm bank, Department of sericulture, Bangalore University, Bangalore, India were used to examine the transferability of functional markers.

DNA extraction and quantification and quality checking:

Fresh mulberry leaves were collected in the morning hours and DNA was isolated by a modified method of CTAB (Cetyl-trimethyl ammonium bromide) protocols of Murray and Thompson (1980). About 50 grams of lamina were grounded in liquid nitrogen using mortar and pestle. The leaf powder was transferred into a 15ml falcon tube containing 6ml of extraction buffer (1% CTAB, 1.5% PVP, 1.4M NaCl, 50mM EDTA, 50mM Tris-HCl, 0.1% β -mercaptoethanol) and was incubated in a water bath at 65°C. After incubation, equal volumes of phenol: chloroform (1:1) was added to the incubation mixture and thoroughly mixed and centrifuged for 15 min at 10,000 rpm at 25°C. To the supernatant, equal volume of phenol: chloroform: Iso-amyl alcohol (24:24:1) were added and centrifuged again at 10,000 rpm for 15 minutes. The supernatant was then transferred to a fresh tube and equal volume of chloroform was added and mixed thoroughly by inverting the tube gently. The mixture was centrifuged at 10,000 rpm for 15 minutes. Adding one-tenth volume of 3M-sodium acetate and two volumes of ethyl alcohol precipitated the DNA from the supernatant. The precipitated DNA was washed with 70% ethanol and air dried at 37°C. The DNA was later dissolved in TE buffer (10mM Tris-HCl-pH 8.0 and 1M EDTA). Contamination of RNA was removed by incubating the dissolved DNA with DNAase free bovine pancreatic RNAase (10 mg/ml⁻¹) at 37°C for 1 hour. The DNA was then re-extracted following the steps of phenol: chloroform and precipitation with ethyl alcohol as stated above. Quantification of the DNA was performed by electrophoresis on 0.8% agarose gel (1x TAE) stained with ethidium bromide (0.5 μ g ml⁻¹) and using uncut λ DNA (10ng il⁻¹) as standard.

Table 1. List of mulberry accessions with characteristics.

Tableau 1. Liste des variétés de mûrier avec leurs caractéristiques.

Sl	Name of genotypes	Characteristics
No.	Nom des d'ordre génotypes	Caractéristiques
1	Mysore local	Open pollinated selection variety with leaf yield up to 10-15 t/ha/year. Moderately tolerant to drought and yields about 4-5 t/ha/year under rainfed conditions. <i>Variété sélectionnée à pollinisation ouverte avec un rendement foliaire allant jusqu'à 10-15 t/ha/an. Modérément tolérante à la sécheresse et donnant environ 4 à 5 t/ha/an dans des conditions sans irrigation.</i>
2	S-13	Polycross (mixed pollen) bred variety for water scarce/rainfed regions. <i>Variété obtenue par polycroisement (pollen mélangé) pour les régions où l'eau est rare / sans irrigation.</i>
3	S-36	Highly popular variety among the farmers for its water retention ability and is also a mutant derivative of Berhampore local. <i>Variété très populaire parmi les fermiers pour sa capacité de rétention de l'eau, c'est aussi un mutant qui provient de Berhampore local.</i>
4	S-54	<i>Morus indica</i> derivative, EMS based mutant selection from Berhampore local variety and yields about 38-45 t/ha/year. <i>Dérivé de Morus indica, mutant basé sur l'EMS, sélectionné à partir de la variété Berhampore local et donnant un rendement d'environ 38 à 45 t/an.</i>
5	S-31	Selection from Berhampore local variety. Scal. <i>Sélectionnée à partir de la variété Berhampore local.</i>
6	Hakkikalu	Highly lobed variety and is moderately tolerant to drought. <i>Variété très lobée, modérément tolérante à la sécheresse.</i>
7	DD	Clonal selection from Doon valley of Uttaranchal with leaf yield of about 35-40 t/ha/year / Sélection clonale de la vallée de Doon dans l'Uttaranchal avec un rendement foliaire d'environ 35 à 40 t/ha/an.
8	V1	Hybrid from S30 x Berhampore C776, Highly farmer preferred irrigated variety with yielding ability up to 65-70 t/ha/year. <i>Hybride de S30 x Berhampore C776. Variété irriguée largement préférée par les fermiers avec une capacité de rendement jusqu'à 65-70 t/ha/an.</i>
9	M-5 (Kanva-2)	Natural selection variety from Mysore local recommended for rainfed conditions and belongs to <i>Morus indica</i> . / Variété provenant de la sélection naturelle de Mysore local recommandée pour les conditions sans irrigation, appartient à <i>Morus indica</i> .
10	S-41	EMS mutant from Berhampore local with yielding ability of 30-35 t/ha/year. <i>Mutant EMS de Berhampore local avec une capacité de rendement de 30 à 35 t/ha/an</i>
11	RFS-135	Developed under rainfed selection programme from open pollinated selection hybrid from kanva 2. / Mis au point dans le cadre d'un programme de sélection sans irrigation à partir de la sélection d'un hybride de Kanva 2 par pollinisation ouverte.

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

12	RFS-175	Open pollinated selection hybrid from Kanva 2. / <i>Hybride de Kanva 2 sélectionné par pollinisation ouverte.</i>
13	S-30	EMS based mutant selection from Berhampore local variety and are mainly cultivated in rainfed areas. <i>Mutant de la variété Berhampore local sélectionné à partir de l'EMS et principalement cultivé dans les zones sans irrigation.</i>
14	Berhamphore S1	Tolerant to salt stress. / <i>Tolérant le stress salin.</i>
15	C-11	Coonoor series selection. / <i>Série de la sélection de Coonoor.</i>
16	S-14	Female plant and is tolerant to leaf spot but susceptible to Bacterial Blight. <i>Plante femelle, tolérant la tache de la feuille mais sensible à la flétrissure bactérienne.</i>
17	MR-2	<i>Morus sinensis</i> derivative and is a selection from open pollinated hybrid and mainly cultivated in Tamil Nadu under rainfed and irrigated conditions. <i>Dérivé de Morus sinensis et sélectionné à partir d'un hybride obtenu par pollinisation ouverte et cultivé principalement dans le Tamil Nadu dans des conditions sans irrigation et avec irrigation.</i>
18	Tsukagaguawa	Japanese variety released in India for temperate climatic conditions <i>Variété japonaise commercialisée en Inde pour les conditions climatiques tempérées.</i>
19	Australian	Australian native variety. / <i>Variété originaire d'Australie.</i>
20	UAS-1	Local selection from University of Agricultural Sciences, Bangalore. <i>Sélection locale de l'Université des Sciences Agricoles de Bangalore.</i>
21	CRR	Local selection from Coonoor / <i>Sélection locale de Coonoor.</i>
22	S-1	Introduced variety from Burma and yields about 30-35 t/ha/year. <i>Variété introduite de Birmanie et donnant environ 30 à 35 t / ha / an.</i>
23	Mysore local unlobed <i>Mysore local sans lobe</i>	Unlobed Mysore local selection. / <i>Sélectionné à partir de Mysore local sans lobe.</i>
24	Farmer house variety <i>Variété de ferme</i>	Farmer selected collection from Bangalore University. <i>Collection sélectionnée par les fermiers provenant de l'Université de Bangalore</i>
25	<i>Morus cathayana</i>	Distinguished from other species by cylindrical fruit and hairy leaves and plants are generally octoploids. / <i>Se distingue des autres espèces par ses fruits cylindriques et ses feuilles poilues, ses plants étant en général octoploïdes.</i>
26	<i>Morus nigra</i>	Also known as Black mulberry and is native of southwestern Asia. <i>Connu aussi comme le mûrier noir et originaire de l'Asie du sud ouest.</i>
27	<i>Morus macrora</i>	Also known as Himalayan mulberry and is native of Himalayan mountains in China and is easily identified with long fruit. <i>Connu aussi comme le mûrier de l'Himalaya. Originaire des montagnes de l'Himalaya en Chine et facilement identifiable avec ses longs fruits.</i>

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

28	Morus lebang	Native to Indonesia and has the characteristic of very light leaves <i>Originaire d'Indonésie avec des feuilles très claires.</i>
29	Morus multicaulis	Monoecious and is native to Vietnam and is tolerant to salt stress and Powdery mildew. <i>Monoïque, originaire du Vietnam et tolérant le stress salin et le mildiou poudreux.</i>
30	Morus australis	Also called as Unryu mulberry and is native to Japan, China and Taiwan. <i>Appelé aussi mûrier Unryu et originaire du Japon, de Chine et de Taiwan.</i>
31	Morus alba L.	Also called as White mulberry and is native to northern China. <i>Appelé aussi "Mûrier blanc", originaire du nord de la Chine.</i>
32	Goshoerami	Triploid variety, belongs to <i>Morus latifolia</i> and is highly susceptible to Powdery mildew <i>Variété triploïde appartenant à Morus latifolia, très sensible au mildiou poudreux.</i>
33	Okinawa	Wild derivative of <i>Morus australis</i> and is native to Japan and is highly susceptible to Powdery mildew and Bacterial blight <i>Dérivé sauvage de Morus australis, originaire du Japon et très sensible au mildiou poudreux et à la flétrissure bactérienne.</i>
34	Papua New Guinea	Monoecious plant belonging to <i>Morus alba</i> L. originated from Papua New Guinea. <i>Plante monoïque appartenant à Morus alba L. provenant de Papouasie Nouvelle Guinée.</i>
35	Kosen	Monoecious plant and is native to Japan and belongs to <i>Morus latifolia</i> P. <i>Plante monoïque, originaire du Japon et appartenant à Morus latifolia P.</i>
36	Thailand	Dioecious male plant from Thailand belonging to <i>Morus alba</i> L. <i>Plante mâle dioïque de Thaïlande appartenant à Morus alba L.</i>
37	Italian mulberry <i>Mûrier italien</i>	Homophyllous leaf natured variety and is susceptible to Bacterial Blight. <i>Variété à feuilles de nature homophylle et sensible à la flétrissure bactérienne.</i>
38	Thysong	Exotic mulberry variety / <i>Variété de mûrier exotique.</i>
39	Channapatna local	Local selection variety. / <i>Variété sélectionnée localement.</i>
40	BC-259	Backcrossed hybrid of Matigerelical × Kosen and recommended for hilly region of eastern India. <i>Hybride de rétrocroisement de Matigerelical × Kosen, recommandé pour la zone vallonnée de l'est de l'Inde.</i>
41	Berhampore local	Local selection from CSR&TI, Berhampore highly adaptable to irrigated and rainfed conditions. This has been the base variety for many of the present high yielding varieties. <i>Sélection locale du CSR&TI de Berhampore très adaptable aux conditions avec et sans irrigation. Elle a été la variété de base de nombreuses variétés actuelles à rendement élevé.</i>
42	Weeping variety <i>Variété retombante</i>	<i>Morus alba</i> P. derivative with distinct character of creeping nature. <i>Dérivé de Morus alba P. avec comme caractéristique une nature rampante.</i>
43	S-1708	Belongs to <i>Morus alba</i> and origin is reported from Bengal region of India. <i>Appartient à Morus alba et on rapporte qu'elle provient de la région du Bengale en Inde.</i>

Table II. List of Functional primers with sequences and gene action/expression (Source: International Rice Research Institute).

Tableau II. Liste des amorces fonctionnelles avec leurs séquences et leur expression génétique (Source: International Rice Research Institute).

Sl. No.	List of candidate genes	Primer sequence	Size(bp)	Gene action/ Expression/ Function
No. d'ordre	Liste des gènes candidats	Séquence de l'amorce	Taille (bp)	Action /Expresion / Fonction des gènes
1-2	CG18- 14-3-3 proteins	CG18-1L- 5' ¹ GGCATGCTTGATTGGGACATGAGA3' ¹ CG18-1R- 3' ¹ TCTCCTCATACCTCTCGGCCTGCTC5' ¹	650	14-3-3 proteins function as regulators of a wide range of target proteins in all eukaryotes by affecting direct protein-protein interactions. Primarily, interactions between 14-3-3 proteins and their targets are mediated by phosphorylation at specific sites on the target protein. Because 14-3-3 proteins regulate the activities of many proteins involved in signal transduction, there are multiple levels at which 14-3-3 proteins may play roles in stress responses in higher plants ^a
	Protéines CG18- 14-3-3	CG18-2L- 5' ¹ TGAGCTTTCCCGTGAGGAGAATGTG3' ¹ CG18-2R- 3' ¹ CAAGATTGCAAGCACGGTCAGGAGA5' ¹	1000	Les protéines 14-3-3 fonctionnent comme des régulateurs d'une vaste gamme de protéines cibles chez tous les eucaryotes en ayant un effet sur les interactions directes protéines – protéines. Principalement, les interactions entre les protéines 14-3-3 et leurs cibles sont régulées par la phosphorylation à des sites spécifiques sur les protéines cibles. Parce que les protéines 14-3-3 régulent les activités de nombreuses protéines impliquées dans la transduction de signal, il y a des niveaux multiples où les protéines 14-3-3 pourraient jouer des rôles dans des réponses au stress chez les plantes supérieures. ^a
3-4	DREB- Dehydration responsive element binding protein	DREB1-1L- 5' ¹ ACGTCAAACCCAACCCCAACCAT3' ¹ DREB1-1R-3' ¹ GATTGAATCAGGGCCATCGCTTTTC5' ¹ DREB1-2L5' ¹ CCGTTGATTGCTGATAGCCTCCTTGA3' ¹ DREB1-2R-3' ¹ TGAAATATTCCTATTGACCCGCAGCA5' ¹	500 600	The DREB1 and DREB2 proteins specifically bound to DRE (Dehydration responsive element) and activate the transcription of the GUS reporter gene driven by DRE in rice protoplasts. Over-expression of target stress-inducible genes of Arabidopsis DREB1 results in plants with higher tolerance to drought, high-salt, and freezing stresses. Organ-specific northern analysis with gene-specific probes showed that these DREB2 genes are strongly induced in roots by high-salt stress and in stems and roots by dehydration stress ^b Les protéines DREB1 et DREB2 sont liées spécifiquement à DRE (élément sensible à la sécheresse) et activent la transcription du gène rapporteur GUS activé par le DRE dans les protoplastes du riz. La sur-expression des gènes cibles d'Arabidopsis DREB1 induisant le stress entraîne une tolérance plus élevée à la sécheresse, à une

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

		salinité élevée et au gel chez les plantes. Une analyse Northern spécifique aux organes avec des amorces spécifiques aux gènes montre que ces gènes DREB2 sont fortement induits dans les racines par un stress de salinité élevée et dans les tiges et les racines par un stress de déshydratation. ^b	
5-6	TPS-Trehalase 6-phosphatase	TPS-1L-5 ¹ CTATCTTGGGCTCATGGCGTGACTG3 ¹ TPS-1R-3 ¹ CGCAGCATTTCGCAACCAACAAATA5 ¹² TPS-2L-5 ¹ GGCACACTGTCGCCTATTGTGGATG3 ¹ TPS-2R-3 ¹ GTTTACGAGCCGTGCGACCAGTTTC5 ¹	600 600
		Trehalose serves as a stress protectant and reserve carbohydrate in a variety of organisms including bacteria, yeast, and invertebrates. Recently, trace amounts of trehalose have been detected in higher plants, although the function of trehalose in plants remains unknown. A cDNA clone (<i>OsTPP1</i>) encoding a putative trehalose-6-phosphate phosphatase (TPP) for trehalose biosynthesis was isolated from rice. <i>Le tréhalose sert de protecteur par rapport au stress et de réserve d'hydrates de carbone chez des organismes variés y compris les bactéries, la levure et les invertébrés. On a détecté récemment des quantités traces de tréhalose chez les plantes supérieures, bien que la fonction du tréhalose chez les plantes demeure inconnue. On a isolé à partir du riz un clone de l'ADNc (<i>OsTPP1</i>) qui code une putative tréhalose-6-phosphate phosphatase (TPP) pour la biosynthèse du tréhalose.^c</i>	
7-8	VP-Viviparous	VP14-1L-5 ¹ GCCCATTTGCAAAGCCCAGTTGTAT3 ¹ VP14-1R-3 ¹ CCCATCCTTCTTCTTGCCACACCTC5 ¹ VP14-2L-5 ¹ TGGCAAGAAGAAGGATGGGCTGAAC3 ¹ VP14-2R-3 ¹ TCCACAGGTGGAAGCAGAAGCAGTC5 ¹	500 500
		A family of Vp14-related genes evidently controls the first committed step of ABA biosynthesis. These genes are likely to play a key role in the developmental and environmental control of ABA synthesis in plants. <i>Une famille de gènes liés à Vp14 contrôle évidemment la première étape d'engagement de la biosynthèse ABA. Ces gènes sont susceptibles de jouer un rôle clé dans le contrôle développemental et environnemental de la synthèse ABA chez les plantes.</i>	
9-10	MAPK- Mitogen activated protein kinase <i>Protéine kinase activée par les agents mitogènes</i>	MAPK1L-5 ¹ CACCATCTCCTTCAGCCTCCGTTTC3 ¹ MAPK1R-3 ¹ CACACCTCCACCCAATCAAATTC5 ¹ MAPK2L-5 ¹ ATGGGCATGAAGATGAGCCTCTTGG3 ¹ 1MAPK2R-3 ¹ GGGTGCCGGCTATGGTACGCTAGAT5	500 1200
		Among various signaling pathways, mitogen-activated protein (MAP) kinase cascades play a pivotal role in regulating biotic and abiotic stress responses in plants. Conserved from unicellular to complex eukaryotic organisms, and constitute one of the major signaling pathways involved in regulating a wide range of cellular activities from growth and development to cell death. <i>Parmi les différents mécanismes de signalisation, les cascades de protéine-kinase activées par les mitogènes (MAP) jouent un rôle pivot dans la régulation des réponses au stress biotique et abiotique chez les plantes. Conservées à la fois chez les organismes unicellulaires et chez les organismes eucaryotiques complexes, elles constituent</i>	

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

				un des principaux mécanismes de signalisation impliqués dans la régulation d'un vaste ensemble d'activités cellulaires de la croissance et du développement jusqu'à la mort des cellules.^c The plant cell wall plays a central role in morphogenesis as well as responsiveness to environmental signals. Xyloglucans are the principal component of the plant cell wall matrix and serve as cross-links between cellulose micro fibrils to form the cellulose-xyloglucan framework. Endoxyloglucan transferase, which was isolated and characterized in 1992, is an enzyme that mediates molecular grafting reaction between Xyloglucan molecules^f <i>La paroi cellulaire de la plante joue un rôle central dans la morphogénèse ainsi que dans la capacité de réponse aux signaux de l'environnement. Les Xyloglucanes sont le principal composant de la matrice de la paroi cellulaire et servent de maillons entre les microfibrilles de cellulose pour former l'ensemble cellulose-xyloglucane. L'endoxyloglucane transferase qui a été isolée et caractérisée en 1992 est une enzyme qui régule la réaction de greffage moléculaire entre les molécules de xyloglucane.^f</i>
11	Ext- xyloglucan endotransglycosylase	ExtL- 5' ¹ AGGAGAAGATGGCGATGGCCAATAA3' ¹ ExtR-3' ¹ GAGCTCGAGATGCCTGATGATGTCC5' ¹	1000	
12	TRAB- ABA responsive TF	TRAB1L 5' ¹ GCAGGGGTTCGATCTACTCACTGACG3' ¹ TRAB1R-3' ¹ TCAACACAGCAAGGACCCAATCTCG5' ¹	600	TRAB1 along with unidentified protein VP1 acts as a true trans-acting factor involved in ABA-regulated transcription and reveal a molecular mechanism for the VP1-dependent, ABA-inducible transcription that controls maturation and dormancy in plant embryos⁸ <i>TRAB1 avec la protéine non identifiée VP1 agit comme un véritable facteur agissant en trans impliqué dans la transcription régulée par ABA et révèle un mécanisme moléculaire pour la transcription dépendante de VP1 et induite par ABA qui contrôle la maturation et la dormance chez les embryons des plantes.⁸</i>
13	CDPK-Calcium dependent protein kinase Protéine kinase calcium dépendante	CDPKL- 5' ¹ ATTTTGATTCCGATCCCTGGCCTGT3' ¹ CDPKR-3' ¹ CAAGGAACCAGGTGGCAGACTTTCAS' ¹	500	Calcium acts as a universal second messenger in various signal transduction pathways. The plant-specific calcium-dependent protein kinases (CDPKs) play important roles regulating downstream components of calcium signaling^h <i>Le calcium agit comme un deuxième messenger universel dans plusieurs mécanismes de transduction des signaux. Les protéines kinases calcium dépendantes (CDPK) spécifiques aux plantes jouent un rôle important pour réguler les composants en aval de la signalisation du calcium^h</i>

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

14	FIERY- Inositol polyphosphate 1-phosphatase	FIERY1L-5 ¹ CCTCTCTTGCCACCGGCCTTATCTT3 ¹ FIERY1R-3 ¹ CAGGGAAGAAATTGGAAGGGCAGTG5 ¹		Negative regulator of Absciscic acid and stress signaling in Arabidopsis Liming ¹ <i>Régulateur négatif de l'acide abscisique et signalisation du stress chez Arabidopsis. Liming¹</i>
15	Suc-Sucrose synthatase	SucL- 5 ¹ CGCTCAGCGAGTGCGTGAGACTATT3 ¹ SucR-3 ¹ GGCGATTGTACACTGCACATGATGG5 ¹	300	In most plants, the transported sugar is Suc and it may become converted into polymers such as starch, triacyl glycerides, or polypeptides for long-term storage, or into secondary compounds, enabling plants to cope with predators and pests or other environmental challenges ¹ <i>Chez la plupart des plantes, le sucre transporté est le Suc et il pourrait se convertir en polymères tels que l'amidon, les (tryacyl)-glycérides ou les polypeptides pour un stockage à long terme ou en composés secondaires, permettant aux plantes de faire face aux prédateurs et aux parasites et à d'autres menaces environnementales.¹</i>
16	bZIP- Basic domain /Leu zipper	bZIPL- 5 ¹ ATGGCATCGGAGATGAGCAAGAACG3 ¹ bZIPR- 3 ¹ TTCGGAGCAACATGTGTACCTGCTTT5 ¹	900	Responsible for ABA-induced transcription (ABA) which mediates plant responses to environmental stress, such as high salinity, drought, low temperature, and mechanical wounding ^k <i>Responsable de la transcription induite par ABA (ABA) qui régule les réponses des plantes au stress environnemental, tel que la salinité élevée, la sécheresse, une température basse et les blessures mécaniques.^k</i>
17	PP2A-Protein phosphatase 2A	PP2A4L-5 ¹ GGTGTTGGGTCATATCTCCTCGTGGT3 ¹ PP2A4R- 3 ¹ TCCTAGGAGCTGGTTCAAACACTGCAAS ¹	500	PP2A is known to be a key enzyme in living cells and most conserved enzyme identified to date, showing 80% identity between humans and plants. As reported, the mutant of PP2A-A in Arabidopsis could result in altered responses to hypocotyl naphthylphthal-amic acid (NPA) in root curling, hypocotyl elongation and auxin efflux ¹ <i>Le PP2A est connu comme une enzyme clé dans les cellules vivantes et la plupart des enzymes conservées identifiées jusqu'à présent présentent 80 % d'identité entre les humains et les plantes. Comme on l'a signalé le mutant de PP2A-A chez Arabidopsis pourrait entraîner une altération des réponses à l'acide hypocotyle naphthylphthalamique (NPA) par le recourbement des racines, l'allongement de l'hypocotyle et par l'écoulement de l'auxine¹</i>

^a Michael et al. (2002), ^b Dubouzet et al. (2003) Nakashima et al. (2000), ^c Pramanik et al. (2005), ^d Bao et al. (1997), ^e Ganesh et al. (2000) Nakagami et al. (2005), ^f Nishitani (1997), ^g Hobo et al., (1999), ^h Asano et al. (2005), ⁱ Xiong et al. (2001), ^j Arnd sturm (1999), ^k Giraudat et al. (1994) Hobo et al. (1999) Choi et al. (2000), Gabers et al. (1996) Yu et al. (2001).

PCR amplification:

A total of 17 selected functional markers (Table II) developed at International Rice Research Institute, Philippines, for various abiotic stresses were utilized for the present study. The PCR amplification was carried out in Eppendorf thermal cycler according to McCouch *et al.* (2002). PCR reaction mixture consisted of 50ng template DNA, 20ng of each of the primers, 0.1mM dNTPs, 1xPCR buffer (10mM Tris, pH 8.0, 50mM KCl, 18mM MgCl₂ and 0.01mg/ml gelatin) and 1 unit of *Taq* polymerase in a volume of 20 μ l. Template DNA was initially denatured at 94°C for 5 minutes, followed by 35 cycles of 94°C for 1 minute denaturation, primer annealing at 56°C for 1 minute and 2 minute primer extension at 72°C. Final 5 minute incubation at 72°C was allowed for completion of primer extension. The amplified products were electrophoretically resolved on 8% polyacrylamide gel in 1 $\times$ TBE buffer (40mM Tris, 20mM boric acid, 10mM EDTA, pH 8.0).

Scoring and amplification analysis:

The amplified DNA fragments were identified by fragment sizes that were similar to the expected size. The amplified fragments were scored based on the signal intensity and bands that were showing only strong signal were scored. The number of amplified fragments in a species was counted regardless of polymorphism.

$$\text{Amplification (\%)} = \frac{\text{Number of amplified markers} \times 100}{\text{Total number of markers}}$$

RESULTS AND DISCUSSION

Mulberry cultivation is economically very important in a developing country like India and many types of DNA markers have been utilized to characterize mulberry genome and even a genetic linkage map has also been constructed very recently. The present study was carried out to determine the transferability of functional primers developed from stress regulating key transcription factors. Accordingly, 94% cross amplification was observed for forty three mulberry genotypes studied and among the seventeen primers (Table II) utilized only FIERY-1 primer did not showed amplification and remaining sixteen primers generated 11.7% polymorphism. Until now only random DNA markers have been used in mulberry and utilization of functional markers has been a pioneering work carried out to reveal the cross transferability. Functional marker utilization generated low polymorphism (11.7%) and indicated low variability in mulberry genome for these functional loci.

Three primers named, PP2A, bZIP and TPS-1 (Figure 1) were polymorphic and rest thirteen primers were monomorphic. Multiple banding profiles were generated for primers bZIP, MAPK-1, MAPK-2, TPS-1, TPS-2, DREB 1-1, DREB 1-2, CG 18-1, CG 18-2, CDPK, PP2A, VP 14-1, and VP 14-2. Single amplification profiles were obtained from primers Suc, Ext and TRAB. Mulberry varieties, Mysore local and Mysore local unlobed generated a varied type of loci for PP2A functional primer (Fig 1-A). PP2A is known to be a key enzyme in living cells and most conserved enzyme identified to date, showing 80% identity between humans and plants (Gabers *et al.* 1996). Trehalose serves as a stress protectant and reserve carbohydrate in a variety of organisms including bacteria, yeast, and invertebrates. Primer developed from such stress component showed variation in only Mysore local, S-54 and MR-2 mulberry genotypes (Fig 1-B). bZIP factor, which is responsible for ABA-induced transcription (ABA) mediating plant responses to environmental stress, such as high salinity, drought, low temperature and mechanical wounding (Giraudat *et al.* 1994) generated two specific bands for Weeping and Okinawa varieties (Fig 1-C). Transcriptional factors are conserved across many plant species and the markers developed from such sequences also showed very low variation. Among the 17 primers studied only one primer, FIERY 1 did not show amplification.

In earlier studies (Xiong *et al.* 2001) it has been shown that Inositol polyphosphate 1-phosphatase (FIERY 1) is involved in negative regulation of abscisic acid and stress signaling in *Arabidopsis* and

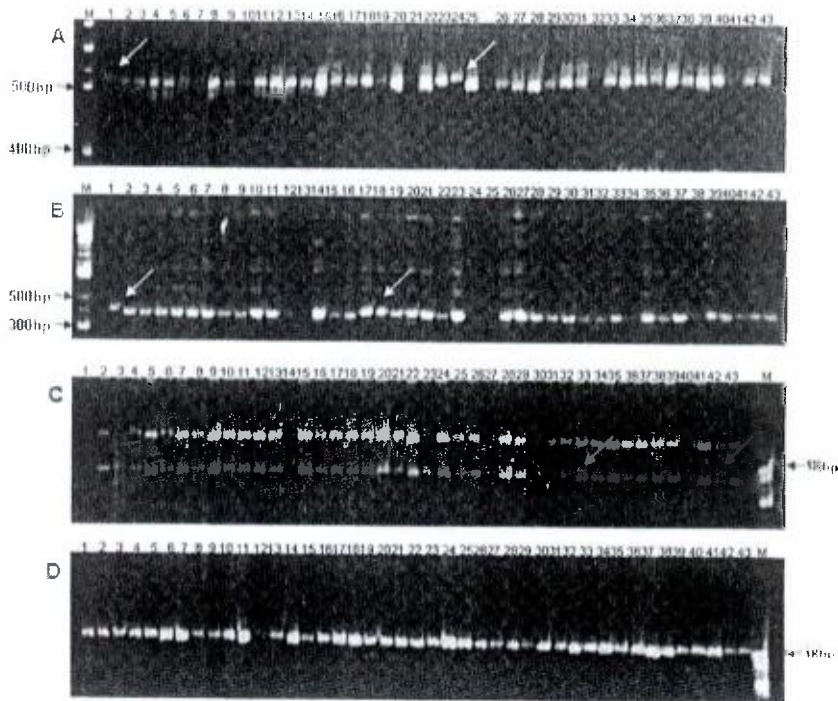


Figure 1. Polyacrylamide gel pictures of mulberry varieties and species amplified with Drought functional candidate gene markers.

Fig. 1. Images de gel de polyacrylamide des variétés et des espèces de mûrier amplifiées avec des marqueurs de gènes fonctionnels de la sécheresse.

A- Polymorphic DNA profile with Primer PP2A

Lanes: M: Molecular weight marker; lane 1 to 43 mulberry varieties as listed in Table I

A- Profil ADN polymorphe avec l'amorce PP2A.

Trajets : M : Marqueur de poids moléculaire, trajets 1 à 43 variétés de mûrier d'après la liste du Tableau I.

B- Polymorphic DNA profile with Primer TPS-1

Lanes: M: Molecular weight marker; lane 1 to 43 mulberry varieties as listed in Table I

B- Profil ADN polymorphe avec l'amorce TPS-1.

Trajets : M : Marqueur de poids moléculaire ; trajets 1 à 43 variétés de mûrier d'après la liste du Tableau I.

C- Polymorphic DNA profile with Primer bZIP

Lanes: M: Molecular weight marker; lane 1 to 43 mulberry varieties as listed in Table I

C- Profil ADN polymorphe avec l'amorce bZIP.

Trajets : M : Marqueur de poids moléculaire, trajets 1 à 43 variétés de mûrier d'après la liste du Tableau I.

D- Monomorphic DNA profile with Primer Ext.

Lanes: M: Molecular weight marker; lane 1 to 43 mulberry varieties as listed in Table I

D- Profil ADN monomorphe avec l'amorce Ext.

Trajets : M : Marqueur de poids moléculaire, trajets 1 à 43 variétés de mûrier d'après la liste du Tableau I.

the absence of such functional loci in mulberry is very provocative for further studies involving such markers. PCR based DNA markers developed from basic domain leu zipper sequence (bZIP factor), which is responsible for ABA-induced transcription (ABA) mediating plant responses to environmental stress, such as high salinity, drought, low temperature, and mechanical wounding (Giraudat *et al.* 1994) generated two specific bands for Weeping and Okinowa varieties. These two exotic varieties were introduced to India and show some unique characters and polymorphic loci obtained would be associated with resistances gene sequences of abiotic stress and on further association studies could be used as co-dominant markers in molecular breeding program of mulberry. Another transcription factor, Protein phosphatase 2A (PP2A) is known to be a key enzyme in living cells and most conserved enzyme identified to date, showing 80% identity between humans and plants (Gabers *et al.* 1996). As reported earlier, the mutant of PP2A in *Arabidopsis* could result in altered responses to naphthylphthalamic acid (NPA) in root curling, hypocotyl elongation and auxin efflux. Primer developed from such sequence showed variation in Mysore local and Mysore local unlobed mulberry genotypes. On the other hand primer developed from the sequences of Trehalose transcription factor which is known to be a stress protectant and reserve carbohydrate in various organisms like bacteria, yeast, and invertebrates. But its exact function in plants is not known and this primer showed variation in Mysore local, S-54 and MR-2 mulberry genotypes.

Mysore local or Naticaddi variety is cultivated around traditional sericulture belts of southern India and is partially resistant to drought and diseases. This variety yields about 15,000 kg of mulberry leaves per hectare per year and is tolerant to many of the leaf diseases and partially resistant to drought conditions. The presence of functional loci shows that the variety has genetic source of resistance for biotic and abiotic stress elements but such studies are to be further validated with sequence analysis and further genetics analysis will help in mapping these resistance sources with DNA markers.

It has been estimated that only 10% of arable land in semi arid tropics can be classified under the non-stress category, which implies that crops grown on the other 90% of arable lands experience one or more environmental stresses. Some of these stresses like drought, extreme temperature, and high salinity dramatically limit crop productivity. The prediction is that the water deficits will continue to be the major abiotic factor likely to affect crop yields globally (Sharma and Lavanya. 2002). Mulberry is not an exception for such calamities and has a long history of traditional breeding. Only recently DNA markers have been used in breeding programs of mulberry and the present characterization with primers developed from abiotic stress regulating genes has shown the cross transferability of such markers across the genera.

A major limitation in DNA marker assisted breeding is the cost of development of markers and recently markers developed in one species is used on one another less studied species. After testing the cross transferability, polymorphic markers are used in genome mapping and cost of production is considerably reduced. The amplification for the various functional loci shows the presence of cross amplification for abiotic stress related marker sequences in mulberry and such across species markers along with other genetic markers can be utilized for characterization, genome mapping and marker assisted selection in mulberry. This is the first report of analyzing mulberry genotypes with functional markers and utilization of more such primers on the entire germplasm will reveal the conserved pattern of functional coding sequences, which are conserved over years. Such low cost markers can be utilized on mulberry to fulfill the lack of marker availability and the cost involved in developing an RFLP, AFLP and SSR marker can be minimized and a resistant plant type can be generated at a rapid pace with less investment.

REFERENCES

- ANDERSEN, J. R. AND LUBBERSTEDT, T. (2003) Functional markers in plants. Trends. Plant Sci., 8: 554-560.

- ASANO, N., KYOKO, I., LIANG, Y., ATSUSHI, K., KENJI, T., ISAO, A., IKUO, K., HIDEKAZU, O., HIROKI, T., GEORGE, W. J. AND FLEET. (2005) The L-enantiomers of D-sugar-mimicking iminosugars are noncompetitive inhibitors of D-glycohydrolase. *Tetrahed. Asym.*, 16: 223-229.
- BAO, C. T., STEVEN, H., SCHWARTZ, J. A. D., ZEEVAART, DONALD, R. AND MCCARTY. (1997) Genetic control of abscisic acid biosynthesis in maize. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 94: 12235-12240.
- BENNETT, J 2001, Status of Breeding for Tolerance of Abiotic Stresses and Prospects for Use of Molecular Techniques, Applications of Molecular Biology and Genomics to Genetic Enhancement of Crops, Natural Resources Management and Environment Department CGIAR, TAC secretariat, FAO, United Nations Origination.
- CHOI, H., HONG, J., HA, J., KANG, J. AND KIM, S. Y. (2000) ABFs, a family of ABA-responsive element binding factors. *J. Biol. Chem.*, 275: 1723-1730.
- DAS, B. C. AND KRISHNASWAMI, S. (1965) Some observations on interspecific hybridization in mulberry. *Indian J. Seril.*, 4:1-8.
- DUBOUZET, J. G., SAKUMA, Y., ITO, Y., KASUGA, M., DUBOUZET, E. G., MIURA, S., SEKI, M., SHINOZAKI, K. AND YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. (2003) OsDREB genes in rice, *Oryza sativa* L., encode transcription activators that function in drought-, high-salt- and cold-responsive gene expression. *Plant J.*, 33 (4): 751-763.
- GABERS, C., DELONG, A., DERUERE, J., BERNASCONI, P. AND SOLL, D. (1996) A mutation in protein phosphatase 2A regulatory subunit A affects auxin transport in *Arabidopsis*, *EMBO J.*, 15: 2115-2124.
- GANESH, K. A., HITOSHI, I. AND RANDEEP, R. (2000) Rice MAPKs. *Biochemical and Biophysical Research. Communications*, 302(2): 171-180.
- GIRAUDAT, J., PARCY, F., BERTAUCHE, N., GOSTI, F., LEUNG, J., MORRIS, P. C., BOUVIER, D. M., VARTANIAN N. (1994) Current advances in abscisic acid action and signaling. *Plant Mol. Biol.*, 26: 1557-1577.
- GUPTA, P. K., RUSTGI, S., SHARMA, S., SINGH, R., KUMAR, N. AND BALYAN, H.S. (2003) Transferable EST SSRs for the study if polymorphism and genetic diversity in bread wheat. *Mol. Genet. Genomics.*, 270: 315-323.
- HOB0, T., KOWYAMA, Y. AND HATTORI, T. (1999b) A BZIP factor, TRAB1, interacts with VPI and mediates abscisic acid-induced transcription. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 96: 15348-15353. MACHII, H., KOYAMA, A. AND YAMANOUCHI, H. (2000) Mulberry breeding, cultivation and utilization in Japan. In: FAO Electronic conference on mulberry for animal production <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry/Papers/HTML/machii2.htm>.
- MACHII H., KOYAMA A. & YAMANOUCHI H. (2000) Mulberry breeding cultivation and utilization in Japan. In: FAO Electronic Conference on mulberry for animal production. <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/mulberry/Papers/HTML/machii2.htm>
- MAESTRI, E., MALCEVSKI, A., MASSARI, A. AND MARMIROLI, N. (2002) Genomic analysis of cultivated barley (*Hordeum vulgare*) using sequence-tagged molecular markers. Estimates of divergence based on RFLP and PCR markers derived from stress responsive genes and simple sequence repeats (SSRs). *Mol. Genet. Genomics*, 267: 186-201.
- MCCOUCH, S. R., TEYTELMAN, L., XU, Y., LOBOS, K. B., CLARE, K., WALTON, M., FU, B., MAGHIRANG, R., LI, Z., ZING, Y., ZHANG, Q., KONO, I., YANO, M., FJELLSTROM, R., DECLERCK, G., SCHNEIDER, D., CARTINHO, S., WARE, D. AND STEIN, L. (2002) Development and mapping of 2240 new SSR markers for rice (*Oryza sativa* L.). *DNA Res.*, 9: 199-207.
- MICHAEL, R., ROBERTS, JULIO, S, DAVID, B, COLLINGE. (2002) 14-3-3 proteins and the response to abiotic and biotic stress. *Plant Mol. Biol.*, 1031: 1031-1039.
- MURRAY, M. G. AND THOMPSON, W. F. (1980) Rapid isolation of high molecular weight DNA. *Nucleic Acids Res.*, 8: 4321-4325.

- NAKAGAMI, H., ANDREA, P. AND HERIBERT, H. (2005) Emerging MAP kinase pathways in plant stress signaling. *Trends Plant Sci.*, 10(7): 339-346.
- NAKASHIMA, K. AND YAMAGUCHI-SHINOZAKI, S. (2005) Molecular Studies on Stress-Responsive Gene Expression in *Arabidopsis* and Improvement of Stress Tolerance in Crop Plants by Regulon Biotechnology. *JARQ*, 39: 221-229.
- NAKASHIMA, K., SHINWARI, Z. K., SAKUMA, Y., SEKI, M., MIURA, S., SHINOZAKI, K. AND YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. (2000) Organization and expression of two *Arabidopsis* DREB2 genes encoding DRE-binding proteins involved in dehydration- and high-salinity-responsive gene expression. *Plant Mol. Biol.*, 42(4): 657-65.
- NISHITANI, K. (1997) The role of endoxylglucan transferase in the organization of plant cell walls. *Intl. Rev. Cytol.*, 173: 157-206.
- PRAMANIK, H. R. AND IMAI, R. M. (2005) Functional Identification of a Trehalose 6-phosphate Phosphatase Gene that is Involved in Transient Induction of Trehalose Biosynthesis during Chilling Stress in Rice. *Plant Mol. Biol.*, 58: 751-76.
- SHARMA, K. K. AND LAVANYA, M. (2002) Recent developments in transgenics for abiotic stress in legumes of the semi-arid tropics. *JIRCAS Working Report*: 61-73.
- STURM, A. (1999) Invertases. Primary Structures, Functions and Roles in Plant Development and Sucrose Partitioning. *Plant Physiol.*, 121: 1-8.
- VARSNEY, R. K., GRANER, A. AND SORRELS, M. E. (2005) Genomics-assisted breeding for crop improvement. *Trends Plant sci.*, 10: 621-630.
- XIONG, L., BYEONG-HA, L., ISHITANI, M., HOJOUNG, L., ZHANG, C. AND ZHU, J. (2001) *Arabidopsis* negative regulator of abscisic acid and stress signaling in encoding an inositol polyphosphate 1-phosphatase is a FIERY1. *Genes & Dev.*, 15: 1971-1984.
- YAMANAKA, S., SUZUKI E., TANAKA, Y., WATANBE, J. A. AND WATANBE, K. N. 2003. Assessment of cytochrome P450 sequences offers a useful tool for determining genetic diversity in higher plant species. *Theor. Appl. Genet.*, 108:1-9.
- YU, S., HAIYAN, L., WEIZHONG, C., DIETER, S. AND GUOFAN, H. 2001. Protein phosphatase 2A: identification in *Oryza sativa* of the gene encoding the regulatory A subunit. *Plant Mol. Biol.*, 45: 107-112.

CARACTERISATION FONCTIONNELLE DES GENOTYPES DE MURIER (*MORUS* SPP.) ASSISTEE PAR LES MARQUEURS ADN

B. C. KESHAVA MURTHY^{1*}, B. M. PRAKASH, H. P. PUTTARAJU² & SHAILAJA HITTALMANI¹

1 Marker Assisted Selection Laboratory, Dept. of Genetics and Plant Breeding, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bengaluru – 560 065, Inde.

2. Laboratory of Seri-Biotechnology, Department of Biological Sciences, Bangalore University, Bengaluru – 560 056, Inde.

On utilise pour la première fois dix-sept amorces fonctionnelles communes à plusieurs espèces pour amplifier quarante-trois variétés / espèces de mûrier afin d'étudier leur transférabilité croisée. On observe environ 94 % d'amplification croisée avec 11,7% de loci polymorphiques et 88,3 % de loci monomorphiques. Le marqueur mis au point à partir du facteur BZip, qui est responsable des réponses des plantes régulées par la transcription induite par ABA (ABA – acide abscissique) au stress environnemental, tel qu'une salinité élevée, la sécheresse, une faible température et les dégâts mécaniques génère deux bandes spécifiques pour les variétés Weeping et Okinowa. On peut utiliser efficacement ces marqueurs spécifiques dans la sélection du mûrier pour mettre au point des variétés résistant à la sécheresse et on peut aussi les utiliser comme « marqueurs d'identification » potentiels pour la protection, la documentation et l'enregistrement des variétés de mûrier. L'amplification pour les différents loci fonctionnels montre la présence d'une amplification croisée pour les séquences de marqueurs liés au stress abiotique chez le mûrier et on peut utiliser ce type de marqueurs communs à plusieurs espèces avec d'autres marqueurs génétiques pour la caractérisation, la cartographie du génome et la sélection assistée par marqueur chez le mûrier.

INTRODUCTION

Le mûrier est cultivé à la fois dans des conditions climatiques tropicales et tempérées en Inde et en Asie pour la production de feuilles pour l'élevage des vers à soie. Il est cultivé sous la forme de petits / moyens buissons et la culture du mûrier représente à elle seule 60 % du coût total de production des cocons du ver à soie (Das et Krishnaswami, 1965). Le mûrier est une espèce hétérozygote, pérenne, ligneuse à racines profondes comprenant principalement des cultivars diploïdes avec 28 chromosomes (Machii et coll., 2000). Bien que plusieurs variétés aient été mises au point pour les régions sans irrigation et avec irrigation, le potentiel de rendement maximum n'a été atteint qu'avec les variétés mises au point pour les conditions irriguées et les variétés qui présentent une résistance aux différents stress abiotiques sont donc essentielles pour la durabilité de la sériciculture en Inde. On peut réduire de manière considérable le temps impliqué dans la sélection du mûrier avec les méthodes de sélection, de caractérisation et d'hybridation conventionnelles en utilisant les marqueurs moléculaires.

L'étude de la variabilité dans le génome d'un arbre comme méthode d'évaluation de la nature et de la distribution de la diversité génétique est très compliquée à cause des effets de l'environnement et de la maturation. Les techniques moléculaires offrent une approche alternative, qui n'est pas soumise à la variation de l'environnement. Récemment, les gènes caractérisés de manière

* keshavamurthy@bcgmail.com

fonctionnelle ont facilité la mise au point de marqueurs moléculaires dans les zones transcrites du génome et on les connaît comme marqueurs fonctionnels (Andersen et Lubberstedt, 2003 et Varshney et coll., 2005). Ils sont plus précis que les marqueurs génétiquement neutres qui ne sont pas directement exprimés par le génotype et on les utilise pour l'estimation de la diversité génétique et l'organisation du génome (Maestri et coll., 2002 ; Yamanaka et coll., 2003 ; Gupta et coll. ; 2003) chez de nombreuses plantes cultivées. On sait très bien que les facteurs de transcription contrôlent l'expression de milliers de gènes par la liaison spécifique à l'élément cis-régulateur chez les promoteurs des gènes cibles et les marqueurs mis au point à partir de séquences de ce type sont cruciaux pour identifier les zones génomiques de nombreux caractères complexes (Nakashima et Yamaguchi-Shinozaki K., 2005).

La sécheresse est le phénomène le plus important parmi les différents types de stress abiotique et la mise au point de génotypes à rendement élevé pour ce type de facteurs sera toujours un objectif de sélection important. Dans les stratégies de sélection du mûrier, on a plus mis l'accent sur la mise au point de variétés adaptées à un écosystème irrigué qu'aux conditions de sécheresse. Les nouveaux outils puissants de biotechnologie associés avec des compétences en matière de sélection peuvent permettre de concevoir des expériences informatives et ces percées mélangées chez une culture sont fréquemment utilisées chez d'autres cultures en raison de la base commune en matière de développement et de métabolisme de la plante. On a signalé que les études sur un type de stress de la plante pourraient aider les études sur d'autres stress compte-tenu des principes communs qui régissent les différents mécanismes stress-réponse (Bennett, 2001). Compte tenu des développements récents en matière de sélection assistée par la génomique dans l'amélioration des cultures, cette étude a été entreprise pour trouver la transférabilité croisée des marqueurs mis au point à partir des gènes influençant les facteurs de transcription chez le riz pour répondre au stress abiotique chez les espèces et les variétés de mûrier.

MATERIELS ET METHODES

Plantes utilisées :

On utilise 43 génotypes de mûrier comprenant des variétés et des espèces (Tableau I) recueillies dans la banque génétique du Département de Sériciculture de l'Université de Bangalore, à Bangalore en Inde pour examiner la transférabilité des marqueurs fonctionnels.

Extraction et quantification de l'ADN et vérification de la qualité :

On recueille des feuilles de mûrier fraîches pendant la matinée et on isole l'ADN selon la méthode modifiée des protocoles CTAB (bromure de cetyltriméthylammonium) de Murray et Thompson (1980). On moule environ 50 grammes de limbe dans de l'azote liquide en utilisant un pilon et un mortier. On transfère la poudre de feuilles dans un tube falcon contenant 6 ml de tampon d'extraction (CTAB à 1 %, PVP à 1,5 %, 1,4 M NaCl, 50mM EDTA, 50 mM Tris-HCl, β -mercaptoéthanol à 0,1 %) et on l'incube dans un bain marie à 65° C. Après l'incubation, on ajoute des volumes égaux de phénol et de chloroforme (1 : 1) au mélange d'incubation, on les mélange soigneusement et on les centrifuge pendant 15 mn à 10 000 tpm à 25° C. On ajoute un volume égal de phénol, de chloroforme et d'alcool iso-amyle (24 : 24 : 1) au surnageant et on le centrifuge à nouveau à 10 000 tpm pendant 15 minutes. On transfère ensuite le surnageant dans un nouveau tube et on ajoute un volume égal de chloroforme et on mélange soigneusement en retournant doucement le tube. On centrifuge le mélange à 10 000 tpm pendant 15 minutes. L'ajout d'un volume d'un dixième d'acétate de sodium 3M et de deux volumes d'alcool éthylique précipitent l'ADN du surnageant. On lave l'ADN précipité avec de l'éthanol à 70 % et on le sèche à l'air à 37° C. Plus tard, on dissout l'ADN dans un tampon TE (10mM Tris-HCl-pH 8,0 et 1 M EDTA). On supprime la contamination par l'ARN en incubant l'ADN dissout avec une RNase pancréatique bovine sans DNase (10 mg / ml⁻¹) à 37° C pendant 1 heure. Puis, on

re-extrait l'ADN en suivant les étapes phénol : chloroforme et la précipitation avec l'alcool éthylique, comme cela est précisé plus haut. On procède à la quantification de l'ADN par électrophorèse sur un gel d'agarose à 0,8 % ($1 \times \text{TAE}$) coloré avec du bromure d'éthidium ($0,5 \mu\text{g ml}^{-1}$) et en utilisant de l'ADN λ non coupé ($10 \text{ ng } \mu\text{l}^{-1}$) comme étalon.

Amplification PCR :

Dans cette étude, on utilise au total 17 marqueurs fonctionnels (Tableau II) mis au point à l'Institut International de Recherche sur le Riz, Philippines, choisis pour les différents stress abiotiques. On procède à l'amplification PCR dans un cycleur thermique Eppendorf selon McCouch et coll., (2002). Le mélange de réaction PCR est constitué de 50 ng de matrice ADN, de 20 ng de chacune des amorces, de 0,1 mM de dNTPs, d'un tampon $1 \times \text{PCR}$ (10 mM de Tris, pH 8,0, 50mM de KCl, 18mM de MgCl_2 et de 0,01 mg / ml de gélatine) et d'une unité de polymérase *Taq* dans un volume de 20 μl . D'abord, on dénature la matrice ADN à 94°C pendant 5 minutes, suivi par 35 cycles à 94°C pendant 1 minute, puis par la cyclisation des amorces à 56°C pendant 1 minute et par 2 minutes d'extension de l'amorce à 72°C . On réalise une incubation finale de 5 minutes à 72°C pour l'achèvement de l'extension de l'amorce. On sépare de manière électrophorétique les produits amplifiés sur un gel de polyacrylamide à 8 % dans un tampon $1 \times \text{TBE}$ (40mM de Tris, 20mM d'acide borique, 10 mM d'EDTA, pH 8,0).

Analyse du nombre de fragments amplifiés:

On identifie les fragments d'ADN amplifié d'après leurs tailles qui sont similaires à la taille supposée. On trie les fragments amplifiés en fonction de l'intensité du signal et seules les bandes qui présentent un signal fort sont retenues. On compte le nombre de fragments amplifiés chez une espèce, quel que soit le polymorphisme.

$$\% \text{ d'amplification} = \frac{\text{Nombre de marqueurs amplifiés}}{\text{Nombre total de marqueurs}} \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

La culture du mûrier est très importante sur le plan économique dans un pays en voie de développement comme l'Inde et on a utilisé de nombreux types de marqueurs ADN pour caractériser le génome du mûrier et on a même construit très récemment une carte de liaison génétique. Cette étude a été entreprise pour déterminer la transférabilité des amorces fonctionnelles mises au point à partir des facteurs de transcription clés de régulation du stress. En conséquence, on observe une amplification croisée de 94 % pour les 43 génotypes de mûrier étudiés et parmi les dix-sept amorces utilisées (Tableau II), seule l'amorce FIERY-1 ne présente pas d'amplification et les seize amorces qui restent génèrent 11,7 % de polymorphisme. Jusqu'à présent, seuls les marqueurs ADN aléatoires ont été utilisés chez le mûrier et l'utilisation de marqueurs fonctionnels représente un travail de pionnier réalisé dans le but de révéler la transférabilité croisée. L'utilisation des marqueurs fonctionnels génère un polymorphisme faible (11,7 %) et indique une faible variabilité dans le génome du mûrier pour ces loci fonctionnels.

Trois amorces nommées PP2A, bZIP et TPS-1 (Figure 1) sont polymorphiques et les treize autres amorces sont monomorphiques. Des profils à bandes multiples sont générés pour les amorces bZip, MAPK-1, MAPK-2, TPS-1, TPS-2, DREB1-1, DREB1-2, CG 18-1, CG18-2, CDPK, PP2A, VP 14-1 et VP 14-2. On obtient des profils d'amplification simples à partir des amorces Suc, Ext et TRAB. Les variétés de mûrier Mysore local et Mysore local sans lobe génèrent un type différent de loci pour l'amorce fonctionnelle PP2A (Fig. 1A). On sait que PP2A est une enzyme clé dans les cellules vivantes et la plupart des enzymes conservées identifiées jusqu'à présent présentent 80 % d'identité entre les êtres humains et les plantes (Gabers et coll., 1996). Le tréhalose sert de protecteur par rapport

au stress et d'hydrates de carbone de réserve chez un ensemble d'organismes y compris chez les bactéries, la levure et les invertébrés. L'amorce mise au point à partir d'un composant de stress de ce type présente une variation seulement chez les génotypes de mûrier Mysore local, S-54 et MR-2 (Fig. 1B). Le facteur bZIP, qui est responsable des réponses des plantes régulées par la transcription induite par ABA (ABA) au stress environnemental tel que la salinité élevée, la sécheresse, la basse température et les lésions mécaniques (Giraudat et coll., 1994) génère deux bandes spécifiques pour les variétés Weeping et Okinowa (Fig 1-C). Les facteurs transcriptionnels sont conservés par de nombreuses espèces de plantes et les marqueurs mis au point à partir de séquences de ce type présentent aussi une variation très faible. Parmi les 17 marqueurs étudiés, seule l'amorce FIERY 1 ne présente pas d'amplification.

Dans des études précédentes (Xiong et coll., 2001), il a été montré que l'Inositol polyphosphate 1-phosphatase (FIERY 1) est impliqué dans la régulation négative de l'acide abscissique et le signallement du stress chez *Arabidopsis* et l'absence de loci fonctionnels de ce type chez le mûrier incite à entreprendre des études ultérieures impliquant ces marqueurs. Les marqueurs ADN basés sur la PCR mis au point à partir de la séquence leu zipper du domaine de base (facteur bZIP), qui est responsable des réponses des plantes régulées par la transcription induite par l'ABA (ABA) au stress environnemental tel que la salinité élevée, la sécheresse, la basse température et les lésions mécaniques (Giraudat et coll., 1994) génèrent deux bandes spécifiques pour les variétés Weeping et Okinowa. Ces deux variétés exotiques ont été introduites en Inde et présentent des caractères uniques et les loci polymorphiques obtenus seraient associés avec les séquences des gènes de résistance au stress abiotique et ultérieurement on pourrait avoir recours à des études avec des marqueurs co-dominants dans des programmes de sélection moléculaire chez le mûrier. On sait qu'un autre facteur de transcription, la protéine phosphatase 2A (PP2A) est une enzyme clé chez les cellules vivantes et la plupart des enzymes conservées identifiées jusqu'à présent, présentent 80 % d'identité entre les êtres humains et les plantes (Gabers et coll., 1996). Comme on l'a signalé plus haut, le mutant de PP2a chez *Arabidopsis* peut entraîner des réponses altérées à l'acide naphthylphthalamique (NPA) dans le recourbement des racines, l'allongement de l'hypocotyle et l'écoulement de l'auxine. Une amorce mise au point à partir d'une séquence de ce type présente une variation chez les génotypes de mûrier, Mysore local et Mysore local sans lobe. D'autre part, il y a l'amorce mise au point à partir des séquences du facteur de transcription du tréhalose, qui est connu comme un protecteur par rapport au stress et comme une réserve en hydrates de carbone chez des organismes variés comme les bactéries, la levure et les invertébrés. Mais, on ne connaît pas sa fonction exacte chez les plantes et cette amorce présente une variation chez les génotypes de mûrier Mysore local, S-54 et MR-2.

La variété Mysore local ou Natikaddi est cultivée dans les régions séréricoles traditionnelles du sud de l'Inde et elle est partiellement résistante à la sécheresse et aux maladies. Cette variété donne environ 15 000 kg de feuilles de mûrier par hectare par an et tolère de nombreuses maladies de la feuille et est partiellement résistante aux conditions de sécheresse. La présence de loci fonctionnels montre que la variété présente une source de résistance génétique aux éléments de stress biotique et abiotique, mais il faut que ces études soient d'avantage validées par l'analyse des séquences et une analyse génétique supplémentaire contribuera à cartographier ces sources de résistance avec les marqueurs ADN.

On a estimé que seulement 10 % des terres arables dans les tropiques semi-arides peuvent être classés dans la catégorie sans stress, ce qui implique que les cultures cultivées sur les 90 % restants de terres arables connaissent un stress environnemental ou plus. Certains de ces stress comme la sécheresse, la température extrême et la salinité élevée limitent considérablement la productivité des cultures. On prédit que le manque d'eau continuera à être le principal facteur abiotique susceptible d'affecter globalement les rendements des cultures (Sharma et Lavanya, 2002). Le mûrier ne fait pas exception à de tels fléaux et a une longue histoire de sélection traditionnelle. Ce n'est que récemment que l'on a utilisé les marqueurs ADN dans les programmes de sélection du mûrier et la caractérisation

actuelle avec des amorces mises au point à partir de gènes régulant le stress abiotique montre la transférabilité croisée de marqueurs de ce type à tous les genres.

Une des limites principales à la sélection assistée par les marqueurs ADN est le coût de la mise au point des marqueurs et depuis quelque temps on utilise les marqueurs mis au point chez une espèce, chez une autre espèce moins étudiée. Après avoir testé la transférabilité croisée, on utilise les marqueurs polymorphiques dans la cartographie des génomes et cela diminue considérablement le coût. L'amplification des différents loci fonctionnels montre la présence de l'amplification croisée pour les séquences de marqueurs liés au stress abiotique chez le mûrier et on peut utiliser des marqueurs de ce type communs aux espèces et d'autres marqueurs génétiques pour la caractérisation, la cartographie du génome et la sélection assistée par marqueurs chez le mûrier. C'est le premier rapport concernant l'analyse des génotypes de mûrier avec des marqueurs fonctionnels et l'utilisation de plus d'amorces de ce type dans tout le germoplasme révélera le profil conservé des séquences de codage fonctionnelles, qui sont conservées à travers les âges. On peut utiliser ces marqueurs bons marché chez le mûrier pour répondre au manque de marqueurs disponibles, on peut diminuer le coût impliqué dans la mise au point de marqueurs RFLP, AFLP et SSR et on peut rapidement générer un type de plante résistant avec un investissement moindre.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPIC STUDIES ON THORACIC SENSILLA OF DIFFERENT LARVAL STAGES IN THE 'MUGA' SILK MOTH, *ANTHRAEA ASSAMENSIS*, AND THEIR ROLE IN FEEDING BEHAVIOUR

SUDIP DEY^{*1}, SURENDRA SINGH¹, RAHUL CHAKRABORTY¹, SUDIPTO CHAUDHURY², R. N. K. HOOROO² & D. K. SHARMA³.

¹Electron Microscope division, Sophisticated Analytical Instrumentation Facility, North Eastern Hill University, Shillong-793022, Meghalaya, India.

²Department of Zoology, North Eastern Hill University, Shillong-793022, Meghalaya, India.

³Department of Zoology, Gauhati University, Guwahati-781014, Assam, India.

'Muga' silk moth, *Antheraea assamensis* is a species indigenous to Assam and other Northeastern states of India. Although, it has been felt that a detailed knowledge on the sensory system of the insect is important for developing proper strategies for its rearing and domestication, there exists very few reports on studies on ultrastructural and other basic aspects of the sensory system of the insect. As a part of our ongoing studies on larval sensory system of the 'Muga' silk worm, *Antheraea assamensis*, the present communication provides a detail description on the morphology, surface ultrastructural features, location, distribution pattern etc. of different thoracic sensilla in all the larval stages. A variety of sensilla including hair-plate, trichoids, basiconics, grooved sensilla, campaniform sensilla etc. could be detected in different locations of the thorax. The possible role of these sensilla in searching behaviour of the worm during feeding is discussed with the help of relevant literature.

Keywords: Muga • *Antheraea assamensis* • SEM • Cuticle • Sensilla • Thorax

INTRODUCTION

Antheraea assamensis or 'Muga' silk worm is a semi-domesticated, multivoltine, polyphagous insect having six broods in a year (Seitz, 1933). The insect is indigenous to Assam and other Northeast Indian states.

Due to the dependence on favourable climatic conditions for the growth and development of the worm, there is a compulsion of outdoor rearing. Consequently the delicate worms are subjected to environmental constraints such as hailstorm, rain and a number of natural predators such as bird. To overcome the aforementioned problems, it has always been thought that domestication of the silk worm through indoor rearing would be important. It is also logical that indoor rearing would minimize the total dependence on favourable climates for growth and development of the worm.

However, several attempts made in the past to domesticate the worm were not successful, particularly on large-scale rearing (Thangavelu & Sahu, 1986).

It is obvious that before attempting indoor rearing, a detailed knowledge on the behaviour of the insect, its physiology, specialization in structural features etc. are essential. It is amply highlighted in literature that the adaptational diversity of an insect is best expressed by the chemical and structural specialization of the chitinous cuticle covering the body (Neville, 1975), which is different in different

* Address for correspondence: E-mail: sudipdey.deyl@gmail.com

species and different body parts of the same individual. Specialized cuticular structure known as sensilla are reported to occur in different body parts of insects and are known to perform a variety of functions (Bland, 1983; Alm & Hall, 0986; Crouau & Crouau-Roy, 1991).

It is well established that the behavioral responses of an insect to different stimuli either in adult or in larval stages are governed by their sensory structures. Indeed the sensory receptors are known to play an important role in host plant selection in certain moths, by responding to various chemical and mechanical stimuli (Chadha & Roome, 1980; Waladde et al, 1985).

Lepidopteran larvae possess several types of sensilla whose functions in perceiving stimuli from the external environment have been confirmed from behavioral and physiological studies (Albert, 1980; Ave, 1981).

Although many detailed studies have been carried out on sensory structures of different lepidopteran and other insect species (Faucheux 1990, 1991; Hond & Hanuya 1989; Lee *et al.*, 1985; Dey 1998; Dey *et al.*, 1995; Dey *et al.*, 1998), very few reports on sensilla of 'Muga' silk worm, *Antheraea assamensis* is available in existing literature (Hazarika & Bordoloi 1998; Dey *et al.*, 1997; Dey *et al.*, 1999; Dey *et al.*, 2002; Dey 1999).

There is ample evidence that insects do respond to chemicals on the leaf surface, and, their detection requires special types of receptors (Stadler 1984). Sensilla on thoracic appendages of some insects were found to be important in detecting chemicals of host plant leaf surface (Ma & Scoonhoven 1973; Calvert 1974).

Keeping these in view, the present study was undertaken to know the detailed surface ultrastructural features of the thoracic sensillae of different larval stages of the 'Muga' silk moth *Antheraea assamensis*, which may have relevance to the characteristic behaviour of the insect that can be utilized for developing appropriate strategies for indoor rearing of the worm.

MATERIALS & METHODS

Insect Materials:

Insect materials used in the present study were the thoracic cuticle of different larval stages of the 'Muga' silk moth, *Antheraea assamensis*.

Collection of Samples:

Ten samples each from different larval stages of *Antheraea assamensis* were collected from Central Silk Board, Muga Silk Seed Organization, P3 Unit, Nongpoh, Meghalaya, India.

Microscopic Preparation:

The thorax of the first, second, third, fourth and fifth larval stages of *Antheraea assamensis* were excised from the body after sacrificing the live worms. The samples were cut into small pieces (2mm × 2mm) and then washed thoroughly with double distilled water to remove extraneous materials, if any. The samples were then fixed in 2.5–3% glutaraldehyde prepared in 0.1M Sodium Cacodylate buffer (pH 7.2) for 4 hours at 4°C. Following primary fixation, the samples were washed in 0.1M Sodium Cacodylate buffer for 15 to 30 minutes. Post-fixation was carried out with 1% Osmium tetroxide prepared in 0.1M Sodium Cacodylate buffer (pH 7.2) for 1 hour.

The samples were then dehydrated in graded series of acetone and were dried in Tetramethyl Silane, following Dey *et al.*, (1989). The dried samples were secured horizontally to brass stubs (10mm dia. × 30mm height) with double adhesive tape via a patch of silver paint to ensure charge condition.

A conductive coating was applied to the sample with the help of JFC-1100 (Jeol) ion sputter coater. A relatively low vacuum (10^{-3} torr) was established in the sputtering chamber, and, gold was used as the target metal.

The coated samples were examined in JSM-6360 (Jeol) Scanning Electron Microscope at an accelerating voltage of 20Kv in the secondary electron emission mode.

RESULTS

A large variety of sensilla could be detected on the thoracic cuticle, particularly on the ventral part. A gradual increase in density of sensory hairs from early instar to the late ones was evident. The types of sensilla located on the thorax in different instars are as follows:

1. The First Instar Worm:

The first instar of *Antheraea assamensis* revealed the presence of two types of sensilla on the thoracic cuticle.

(i) Hair-plate Sensilla:

These sensillae are located on the edge of all the three thoracic segments at the ventro-lateral parts. These are placed in a group of 5 to 8 on the three lateral plates located adjacent to pro-, meso- and meta-thoracic legs (Fig 1). The length of the individual member of the sensilla ranges from $400\mu\text{m}$ to $733.3\mu\text{m}$ and the socket of each shows characteristic folds indicating intimate association with adjacent cuticle (Figs 2, 3). The surface of the sensilla shows smoothness, and, the transverse section shows considerably thick wall (Figs 4, 5).

(ii) Sensilla trichodea Type 1:

These are trichoid type of sensillae located at the tip of pro-, meso- and meta-thoracic legs. Their numbers are approximately 4 to 5 at each leg. They are present near the claw. The length of the sensilla ranges from $115\mu\text{m}$ to $195\mu\text{m}$, and the breadth at the base and at the tip is found to be $10\mu\text{m}$ and $5\mu\text{m}$ respectively (Figs 6, 7; Table 1). The socket of the sensilla is round with a diameter of about $25\mu\text{m}$. The claw is well-developed with a broad base, about $75\mu\text{m}$ in breadth and about $158.3\mu\text{m}$ in length. The tip of the claw is found to be bent and pointed (Fig 7).

2. The Second Instar Worm:

The sensory system of the thoracic segments consists of the three different types of sensilla.

(i) Hair-plate Sensilla:

This sensilla is found to be similar to those present in the first instar (Table I).

(ii) Sensilla Trichodea Type 1:

This sensilla is also exactly the same as that of the first instar in its location, distribution pattern and ultrastructural features (Table I).

(iii) Grooved Sensilla:

This sensilla is characterized by the presence of a number of grooves on it (Fig 8). 2 to 5 grooved sensilla could be detected on the thoracic cuticle. The length of the sensilla ranges between $140\mu\text{m}$ and $175\mu\text{m}$. The sensilla is lodged inside a socket of about $29.16\mu\text{m}$ diameter (Fig 9). The surface of the grooved sensilla is rough indicating the presence of pores on it (Fig 9; Table I).

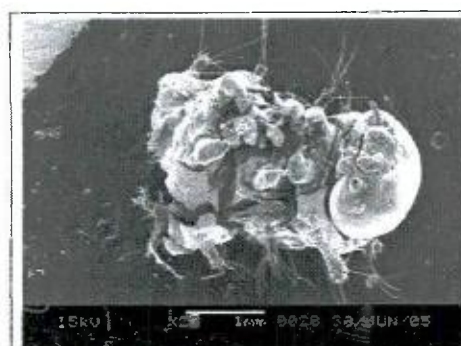


Fig 1: Complete view of the thoracic segments (ventral) in the 1st instar

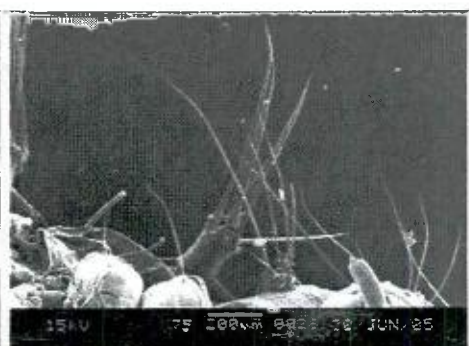


Fig 2: Hair-plate sensilla



Fig 3: Enlarged view of the base of sensilla trichoidea in hair-plate

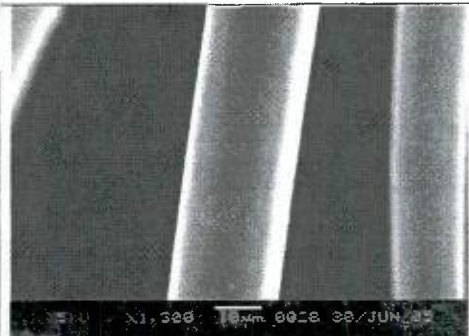


Fig 4: Surface of individual sensilla of the hair plate near the tip.



Fig 5: Cut portion of a single sensilla from the hair-plate and surface feature of it showing porous nature near the base.



Fig 6: Sensilla trichoidea type V-tt-1 at the tip of thoracic appendages.

Fig. 1. Vue complète des segments thoraciques (ventraux) pendant le 1er âge.

Fig. 2. Plage sétifère de sensilles.

Fig. 3. Agrandissement de la base d'une sensille trichodea de la plage sétifère.

Fig. 4. Surface d'une sensille individuelle de la plage sétifère près de l'extrémité.

Fig. 5. Coupe d'une sensille individuelle de la plage sétifère et caractéristique de sa surface, montrant sa nature poreuse près de la base.

Fig. 6. Sensille trichoidea type V-tt à l'extrémité des appendices thoraciques.

Table I. Sensilla on thoracic cuticle of *Antheraea assamensis*.Tableau I. Sensilles sur la cuticule thoracique d'*Antheraea assamensis*.

Instars	Name of the Sensilla	Location	Number	Dimension (in μm)		Surface structure	Possible functions	References	
Ages	Nom de la sensille	Localisation	Nombre	Length	Breadth	Structure de la surface	Fonctions possibles		
				Longueur	Base				Tip
					Largeur				Base
I to V	Hair-plate Sensilla <i>Plaque sétifère de sensilles</i>	On the edges of all the three thoracic segments At their ventro-lateral parts <i>Sur les bords des trois segments thoraciques sur les parties ventro-latérales</i>	5-8 individuals in three lateral Plates <i>5 à 8 individus sur 3 plaques latérales</i>	400-733.3	111.1	22.2	Smooth towards tip and porous at the base <i>Lisse vers l'extrémité et poreuse à la base</i>	Mechano-reception and chemo-reception <i>mécanoréception et chimioréception</i>	Fench & Sanders, 1981 ; Faucheux, 1991
I à V									
	Sensilla Trichoidea type Vtt-1 <i>Sensilles Trichoidea type Vtt-1</i>	Tip of the pro, meso and metathoracic legs <i>Extrémité des pattes pro, meso et metathoraciques</i>	4- 5 at each leg <i>4 à 5 sur chaque patte</i>	115 - 195	10	5	Presence of striation <i>Présence de striations</i>	Mechano-reception and contact chemoreception <i>Mécanoréception et chimioréception de contact</i>	French & Sanders, 1981 ; Faucheux, 1991
II to V	Grooved Sensilla <i>Sensilles à sillons</i>	Thoracic cuticle <i>Cuticule Thoracique</i>	2 - 5	140- 175	20	12.5	Porous <i>Poreuse</i>	Thermo-receptor <i>Thermo-récepteur</i>	Altner <i>et al.</i> , 1977
III to V	Sensilla Trichoidea Type Vtt-2	Between each pair of thoracic Appendages	3 - 4	1402.1- 1422.2	44.2	22.2	Fine striations	Mechano and contact chemioreception	French & Sanders, 1981 Dey <i>et al.</i> , 1995

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

III à V	Sensilles Trichoidea Type Vtt-2	Entre chaque paire d'appendices thoraciques	3-4	1402.1 1422.2	44.2	22.2	Striations fines	Mécano et chimioréception de contact	French & Sanders, 1981 ; Dey et al., 1995
	Sensilla Trichoidea type Vtt-3 Sensilles Trichoidea type Vtt-3	At the edges of each thoracic segment Au bord de chaque segment thoracique	5-7	42.5 - 75	2.8	0.1	Porous Poreuse	Chemoreception Chimioréception	Bland 1983
III to V	Sensilla Trichoidea type Vtt-4 Sensilles Trichoidea type Vtt-4	On the entire thoracic cuticle Sur toute la cuticule thoracique	10-15	119.22 138.45	76.92	3.84	Presence of fine striations Présence de fines striations	Mechano and contact chemioreception Mécano et chimioréception de contact	French & Sanders, 1981 ; Dey et al., 1995
	Basiconic Sensilla type Vt-B1	On the entire thoracic cuticle at ventro-lateral part	4-7 in each segment	83.33 - 116.6	22.2	5.5	Porous	Chemoreception and olfaction	Zacharuck, 1980 ; Schneider & Steinbrecht, 1986
III à V	Sensilles Basiconiques Type Vt-B-1	Sur toute la cuticule thoracique dans la partie ventro-latérale	4 à 7 dans chaque segment				Poreuse	Chimioréception et olfaction	
	Basiconic Sensilla type Vt-B-2 Sensilles Basiconiques Type Vt-B-2	On the entire thoracic cuticle at ventro-lateral Part Sur toute la cuticule thoracique dans la partie ventro-latérale	2-3 in each segment 2-3 dans chaque segment	55.6 - 94.4	27.75	5.55	Porous Poreuse	Chemoreception and olfaction Chimioréception et olfaction	Zacharuk, 1980 Schneider & Steinbrecht 1968
III to V	Ventral campaniform Sensilla Sensilles Ventrals Campaniformes	Near the thoracic appendages Près des appendices thoraciques	8-10	12.5-20	-	-	Smooth Lisse	Mechano- reception Mecanoréception	French & Sanders, 1981

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

Instars	Name of the Sensilla	Location	Number	Dimension (in μm)		Surface structure	Possible functions	References	
				Length	Breadth				
									Base
Ages	Nom de la sensille	Localisation	Nombre	Dimension (en μm)		Structure de la surface	Fonctions possibles		
				Longueur	Largeur				
					Base	Extrémité			
IV to V	Sensilla Trichoidea Type Vtt-5	Near the thoracic appendages	4 – 5	525 – 755	37.5	12.5	Fine striations	Mechano- reception and contact chemoreception	French & Sanders, 1981 ; Dey <i>et al.</i> , 1995
IV à V	Sensilles Trichoidea Type Vtt-5	Près des appendices thoraciques					Fines striations	Mécanoréception et chimioréception de contact	
	Cuticular Spines Epines Cuticulaires	On thoracic cuticle Sur la cuticule thoracique	Innumerable <i>Innombrables</i>	10 – 10.9	-	-	-	Mechano reception <i>Mécanoréception</i>	French & Sanders, 1981 ; Dey <i>et al.</i> , 1995
IV to V	Small Conical sensilla	On thoracic cuticle	Innumerable	1 – 4	-	-	-	Mechano- reception	French & Sanders, 1981 Dey <i>et al.</i> , 1995
IV à V	Petites Sensilles coniques	Sur la cuticule thoracique	<i>Innombrables</i>					Mécano- réception	
V	Sensilla Trichoidea Type Vtt-6	On the edges of pro thoracic segment	8	461.53 - 1346.15	46.6	3.3	Smooth at the tip and porous towards base	Mechano reception and chemoreception	French & Sanders, 1981 ; Fauchaux, 1991
	Sensilles Trichoidea type Vtt-6	Sur les bords du segment Pro thoracique					Lisses à l'extrémité et poreuses vers la base	Mécanoréception et chimioréception	

3. Third Instar Worm:

The general population of sensilla was found to be more as compared to the first and the second instars. The sensilla found in the third instar worm are as follows:

(i) Hair-plate Sensilla:

The location and the ultrastructural morphology of the hair-plate sensilla was found to be similar to those of the first and second instar worms. However, the number of individual sensilla of hair-plate is less than that of the first and second instar worms (Table I)

(ii) Sensilla Trichodea Type 1:

The location, shape, ultra-structural features etc. of the sensilla is similar to those of the first and second instar (Table I).

(iii) Grooved Sensilla:

This sensilla shows no difference in terms of location, shape, ultrastructural features etc. as compared to those of the first and second instars. The number of sensilla, however, is more than that of the other instars (Table I).

(iv) Sensilla Trichodea Type 2:

This sensilla has a round but flat socket with a diameter ranging between 68 μ m and 100 μ m. The length of the sensilla ranges between 1402.1 μ m and 1422.2 μ m, the breadth at the base between 36.5 μ m and 44.2 μ m and that of the tip between 17.9 μ m and 22.2 μ m. There are 3 to 4 such sensilla on the surface of the thoracic cuticle on the space between each pair of thoracic appendages (Fig 10; Table I).

(v) Sensilla Trichodea Type 3:

There are 5 to 7 sensilla trichodea type 3 at the edge of each thoracic segment. The length of the sensilla ranges between 42.5 μ m and 75 μ m. The diameter of the socket ranges between 17.5 μ m and 35 μ m. The width of the sensilla at the base and at the tip is 2.8 μ m and 0.1 μ m respectively. The surface shows poke marks at places indicating porous nature (Fig 11; Table I).

(vi) Sensilla Trichodea Type 4:

These sensillae are scattered throughout the entire thoracic cuticle (Fig 12). Their numbers range between 10 to 15. The length of the sensilla is about 119.22 μ m to 138.5 μ m. The socket is cylindrical and the width is about 26.9 μ m. The surface shows fine striations indicating its porous nature (Fig 13).

(vii) Basiconic Sensilla, Vt-B-1:

These sensillae are located on the ventro-lateral part of thorax near the appendages in each segment. The number of sensilla in each segment ranges between 4 to 7 (Fig 14; Table I). Each of the sensilla consists of round socket whose diameter is about 38.8 μ m. The length of the sensilla ranges between 83.33 μ m and 116.6 μ m. The width of the base and at the tip is about 22.2 μ m and 5.5 μ m respectively. The sensilla consists of minute pores (Fig 15).

(viii) Basiconic Sensilla, Vt-B-2:

This is a relatively large basiconic sensilla of length ranging between 55.5 μ m and 94.4 μ m. The diameter of the socket is between 27.5 μ m and 37.5 μ m (Fig 16). The width at the base and tip are 27.75 μ m and 5.5 μ m respectively. The number of the sensilla is 2 to 3 in each of the thoracic segment (Table I). The surface of the sensilla shows poke marks and semicircular striations (Fig 16).

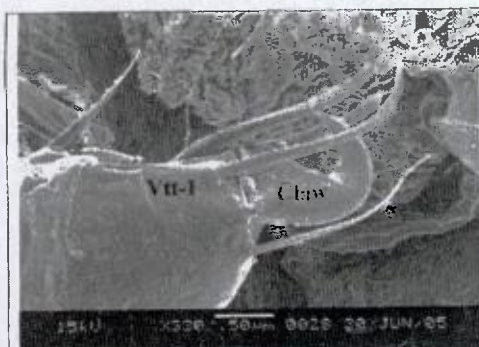


Fig 7: Enlarged view of the arrangement of sensilla trichoidea type V-tt-1 along with claw.

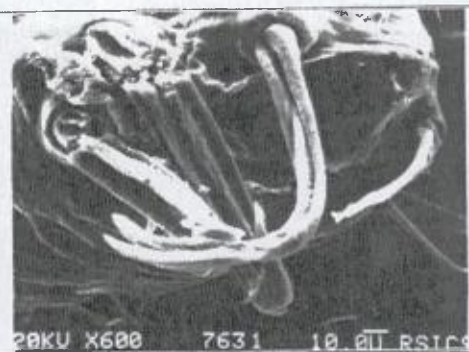


Fig 8: Grooved sensilla



Fig 9: Enlarged view of the shaft and base of grooved sensilla.



Fig 10: Sensilla trichoidea type V-tt-2 in edge of thoracic segment (arrow).



Fig 11: Sensilla trichoidea type V-tt-3.



Fig 12: Sensilla trichoidea type V-tt-4.

Fig. 7. Agrandissement de la disposition d'une sensille trichoidea type V-tt1 le long de la griffe.

Fig. 8. Sensille à sillons.

Fig. 9. Agrandissement de la diaphyse et de la base d'une sensille à sillons.

Fig. 10. Sensille trichoidea type V-tt-2 sur le bord du segment thoracique (flèche).

Fig. 11. Sensille trichoidea type V-tt-3.

Fig. 12. Sensilla trichoidea type V-tt-4.

(ix) Ventral Campaniform Sensilla: About 8 to 10 ventral campaniform sensilla are located near the thoracic appendages (Fig 17).

4. Fourth Instar Worm:

(i) Hair-plate Sensilla:

Unlike the first, second and third instar worms, the lateral plate bearing the sensilla here is more or less round in shape. The diameter of the plate is about 833 μ m. Six to seven individual sensilla are lodged in each plate, located near each of the pro-, meso- and meta-thoracic appendages. The surface microstructural features are found to be similar to those of other instars (Table I).

(ii) Sensilla Trichodea Type 1:

The location, shape, ultrastructural features etc. of the sensilla is found to be the same as those of the other instars (Fig 7, Table I).

(iii) Grooved Sensilla:

These sensilla are similar to those of other instars in terms of location, shape, ultrastructural features etc. (Figs 8-10). The number of sensilla is identical with that of the third instar (Table I).

(iv) Sensilla Trichodea Type 2:

The shape, ultrastructural features, locations etc. of this sensilla is similar to those of other instars (Table I).

(v) Sensilla Trichodea Type 3:

The number of the sensilla is about 10 in each of the thoracic segment. The other features of the sensilla are similar to those of earlier instars (Table I).

(vi) Sensilla Trichodea Type 4:

The distribution pattern, ultrastructural features etc. of the sensilla are similar to those of other instars (Table I).

(vii) Sensilla Trichodea Type 5:

This sensilla is located on the ventral thoracic cuticle near each of the thoracic appendages. The sensilla consist of a round socket and an elongated shaft. The length of the sensilla ranges between 52.5 μ m and 75.5 μ m (Fig 18). The surface of the sensilla shows semi-circular striations and poke-marks indicating multi-porous nature (Fig 19). Further, small cuticular spines present on the surface are intimately associated with the socket of the sensilla.

(viii) Basiconic Sensilla, Vt-B-1:

The location distribution pattern, ultrastructural features etc. of the sensilla do not show any variation from those of basiconic sensilla of the third instar. However, the number of sensilla is marginally higher here (Table I).

(ix) Basiconic Sensilla, Vt-B-2: This sensilla is exactly the same in location, distribution pattern, dimension, ultrastructural features and number with those of the third instar (Table I).

(x) Ventral Campaniform Sensilla:

The fourth instar worm shows the presence of a number of ventral campaniform sensilla near the thoracic appendages. They are exactly similar to those of the third instar in location, number and structural features etc. (Fig 20).

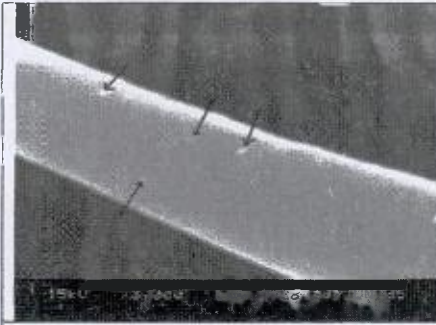


Fig 13: Surface of sensilla trichoidea type V-tt-4 showing poke marks (arrows).

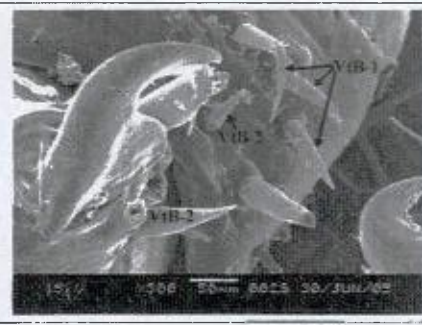


Fig 14: A portion of the ventro-lateral part of thorax showing two types of basiconic sensilla, Vt-B-1 and Vt-B-2.



Fig 15: Enlarged view of basiconic sensilla type Vt-B-1 showing pores and poke marks (arrows).

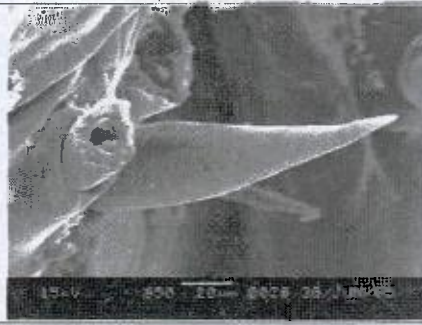


Fig 16: Enlarged view of the basiconic sensilla type Vt-B-2 in thoracic segment of 3rd instar.



Fig 17: Ventral campaniform sensilla (arrows) near the base of sensilla trichoidea type V-tt-2.

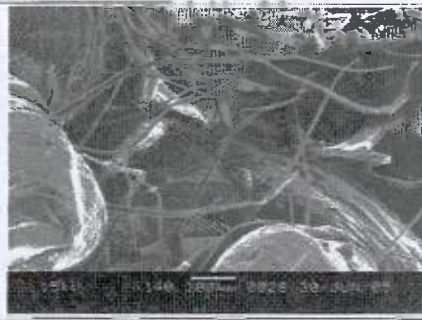


Fig 18: Sensilla trichoidea type V-tt-5.

Fig. 13. Surface d'une sensille trichoidea type V-tt-4 présentant des marques de trous (flèches).

Fig. 14. Une section de la partie ventro-latérale du thorax présentant deux types de sensilles basiconiques Vt-B-1 et Vt-B-2.

Fig. 15. Agrandissement d'une sensille basiconique type Vt-B-1 présentant des pores et des marques de trous (flèches).

Fig. 16. Agrandissement d'une sensille basiconique type Vt-B-2 dans le segment thoracique du 3^{ème} âge.

Fig. 17. Sensille campaniforme ventrale (flèches) près de la base d'une sensille trichoidea type V-tt-2.

Fig. 18. Sensille trichoidea type V-tt-5.

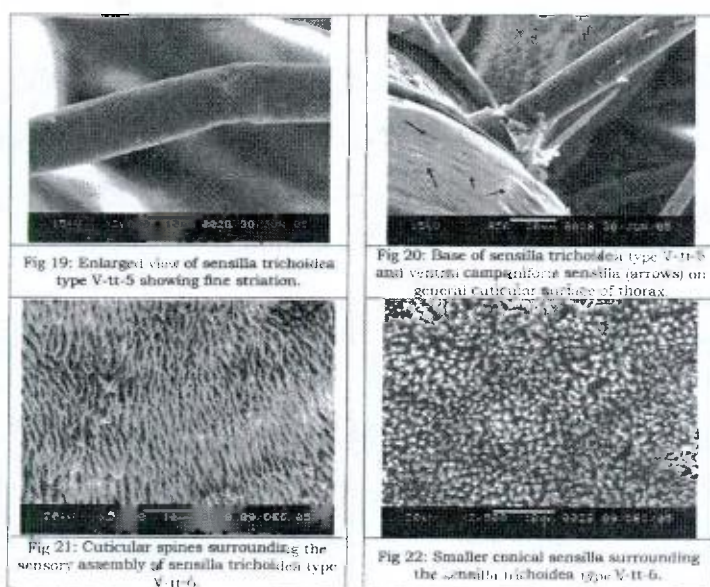


Fig. 19. Agrandissement d'une sensille trichoïde type V-tt-5 présentant de fines striations.

Fig. 20. Base de la sensille trichoïde type V-tt-5 et sensilles campaniformes ventrales (flèches) sur la surface cuticulaire générale du thorax.

Fig. 21. Epines cuticulaires entourant le groupe sensoriel des sensilles trichoïde type V-tt-6.

Fig. 22. Sensilles coniques plus petites entourant les sensilles trichoïde type V-tt-6.

(xi) Cuticular Spines:

The general thoracic cuticle of the fourth instar worm is covered with innumerable spines, whose length range from $10\mu\text{m}$ to $10.9\mu\text{m}$. They are so densely populated that their basal structural features cannot be resolved due to overlapping with shaft of the adjacent spine (Fig 21; Table I).

(xii) Small Conical Sensilla:

Besides cuticular spines, some small conical sensilla similar to certain type of basic sensilla are present on the general thoracic cuticle. They are about $1\mu\text{m}$ to $4\mu\text{m}$ long. They are also innumerable like cuticular spines (Fig 22; Table I).

5. Fifth Instar Worm:

(i) Hair-plate Sensilla: The location, distribution pattern, dimension etc. of the sensilla comprising the hair-plate were similar to those of the fourth instar (Table I).

ii) Sensilla Trichodea Type 1:

The location, shape, ultrastructural features etc. of the sensilla are found to be similar to those of the fourth instar (Table I).

(iii) Grooved Sensilla: The grooved sensilla of the fifth instar worm is found to be similar to those of the other instars (Table I).

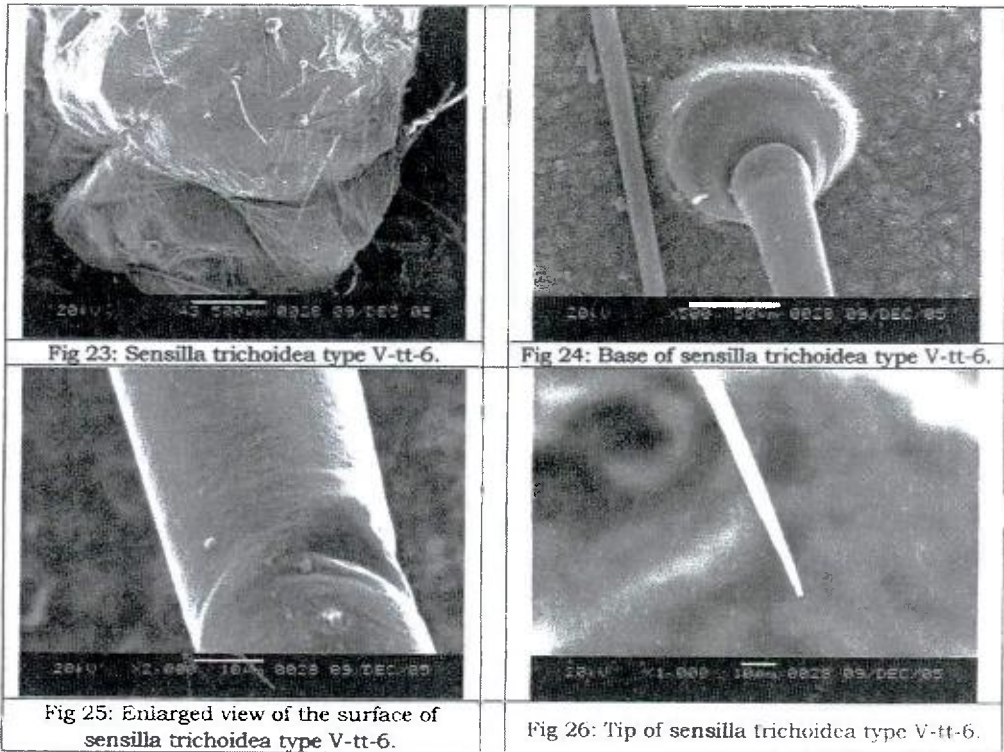


Fig. 23. Sensille trichoidea type V-tt-6.

Fig. 24. Base d'une sensille trichoidea type V-tt-6.

Fig. 25. Agrandissement de la surface d'une sensille trichoidea type V-tt-6.

Fig. 26. Extrémité d'une sensille trichoidea type V-tt-6.

(iv) Sensilla Trichodea Type 2:

This sensilla is exactly the same as that of the fourth instar worms in terms of dimension, number, arrangement etc. (Table I).

(v) Sensilla Trichodea Type 3: The sensilla is similar to that of the fourth instar worm (Table I).

(vi) Sensilla Trichodea Type 4:

This sensilla is more or less identical to that of the fourth instar (Table I).

(vii) Sensilla Trichodea Type 5:

The structural features, number, distribution pattern etc. of the sensilla are similar to those of the fourth instar (Table I).

(viii) Sensilla Trichodea Type 6:

This sensilla is located on the edge of the pro-thoracic segment. There are about eight such sensilla. The socket of the sensilla is round with a diameter ranging between $100\mu\text{m}$ and $106.6\mu\text{m}$. The length of the sensilla varies from $461.53\mu\text{m}$ to $1346.15\mu\text{m}$. At a distance of about $281.25\mu\text{m}$ from

the base, there is an enlargement of the width. The width at the base and at the tip is found to be 46.6µm and 3.3µm respectively. Fine striations are present on the surface of the sensilla (Figs 23-26).

(ix) Ventral Campaniform Sensilla:

The location, distribution pattern, dimension, number, structural features etc. of the sensilla are found to be similar to those of the fourth instar worms (Table 1).

(x) Basiconic Sensilla Type Vt-B-1:

This sensilla is found to be identical to that of the fourth instar (Table 1).

(xi) Basiconic Sensilla Type Vt-B-2:

This sensilla also shows similarity with that of the fourth instar (Table 1).

(xii) Cuticular Spines:

Innumerable cuticular spines are observed on the thoracic cuticle as in the case of the fourth instar worm (Fig 21).

(xiii) Small Conical Sensilla:

On the ventral thoracic cuticle, small conical sensilla similar to those found in the fourth instar could be detected (Fig 22).

DISCUSSION

A large variety of sensilla detected at different locations on earlier as well as advanced larval stages of the 'Muga' silk moth *Antheraea assamensis* suggests their involvement in specific behavior of the worm during the feeding activity.

The hair-plate sensilla detected on the ventro-lateral part of the thorax adjacent to the thoracic appendages of all the larval stages, act as proprioceptors. These sensilla are reported to be present in the joint regions of legs, antennae, wings and abdomens of insects (Schmidt & Smith 1987) and are composed of groups of trichoid sensilla. They function as proprioceptive position detectors. Most of the hair-plate sensilla are reported to be phasotonic to tonic in response (Runion & Usherwood 1986). In the different larval stages of *Antheraea assamensis*, the sensilla within a hair-plate are arranged in a row perpendicular to the joint membrane, which results in sequential stimulation. The position of the sensilla facilitates the detection of a particular range of joint angles by individual sensilla. Similar type of arrangement of sensilla within the hair-plate has been reported in other insects, and, the same explanation has been put forward for the specific positioning of the sensilla (Schmidt & Smith 1987). It has been reported that hair-plates of many insects are involved in reflexes regulating the body height above the substrate (Wendler 1972; Wong & Pearson 1976). This is relevant to the searching behaviour of *Antheraea assamensis* in the present study, since the thorax and its appendages are sometimes raised above the leaf or stem surface as revealed from behavioral studies.

Sensilla trichodea of type 1, 2, 3, 4, 5 and 6 that were detected on the thoracic segments of various larval stages are found to be chemo-receptors or olfactory receptors as revealed from their multi-porous surface, structural features of sockets and other morphological characteristics (Schneider 1964; Throne *et al.*, 2004). The increase in the number and types of trichoid sensilla as the larval stages progressed, appears to be due to the increase in types of phytochemicals along with the maturity of leaves (Atkins & Hamilton 1982). This is further supported by the detection of two types of sensilla basiconica, Vt-B-1 and Vt-B-2 on the thorax of the silk worm from the third instar onwards. Sensilla basiconica has morphological features characteristics of chemo-receptors (Zacharuk 1980) and are also known to be olfactory receptors in many insects (Schneider & Steinbrecht 1968).

Grooved sensilla located on the thoracic segments of all the instars are reported to function as olfactory receptors or thermo-receptor or both (Venkatesh & Singh 1984; Altner *et al.*, 1977; Fujimera *et al.*, 1991). Since in *Antheraea assamensis*, there are many types of olfactory sensilla in different locations including mouth parts, cephalic cuticle, thoracic cuticle etc. (Singh, 2006), it appears that the major role played by the grooved sensilla detected on the thoracic segments, is thermo-reception. In this context, it is to be noted that thermo-reception is reported to play significant role in feeding behaviour of phytophagous insects (Wilmer 1986).

The ventral campaniform sensilla of thoracic segments in *Antheraea assamensis* is likely to play important role in body movement and its orientation, since the sensilla provides loading information necessary for effective regulation of the body (Zill & Moran 1981; Ridget *et al.*, 2000; Noah *et al.*, 2004) during the "searching" behaviour of the insect in detecting suitability of host plant leaf for consumption.

The claws of the thoracic appendages, the innumerable spines, and conical sensilla on the surface of the thoracic cuticle of later instars of *Antheraea assamensis* may damage some parts of the leaf surface through friction and expose the phyto-chemicals from the interior to be perceived by different types of chemo and olfactory receptors (Juniper & Southwood 1986).

ACKNOWLEDGEMENTS

We are thankful to Prof. B. Myrboh, Head, Sophisticated Analytical Instrument Facility, North Eastern Hill University, Shillong, for the infrastructural and analytical facilities. One of us (SD) is thankful to North Eastern Council (NEC) for financial grant.

REFERENCES

- ALBERT PJ. (1980): Morphology and innervation of the mouth part sensilla in the larvae of the spruce bud worm, *Choristoneura fumiferana* (Clem) (Lepidoptera: Tortricidae). Can. J. Zool. 58: 842–851.
- ALM SR. & HALL FR. (1986): Antennal sensory structures of *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera: curculionidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 79: 324–333.
- ALTNER H, SASS H & ALTNER I. (1977): Relation ship between structure and function of antennal thermo-, hygro- and thermo receptive sensilla in Periplaneta. Cell Tissue Res. 176: 389–405.
- AVE DA. (1981): Induction of changes in the gustatory response by individual secondary plant compounds in the larvae of *Heliothis Zea (Boddie)* (Lepidoptera: Noctuidae). PhD. Dissertation. Department of Entomology, Mississippi State University.
- BLAND RG. (1983): Sensilla on the antennae, mouthparts and body of the larva of the Alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae). Int. J. Insect Morph. Embryol. 12(5/6): 261–272.
- CALVERT W.H (1974): The external morphology of foretarsal receptors involved with host discrimination by the nymphalid butterfly, *Cholsyme locinia*. Annals of the Entomological Society of America. 67: 853–856.
- CHADHA G. & ROOME R. (1980): Oviposition behaviour and the sensilla of the ovipositor of *chilo partellus* and *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Zool, Lond. 192: 169–178.
- CROUAU Y. & CROUAU-ROY B. (1991): Antennal Sensory organs of a Troglobitic coleptera, *Speonomus hydrophilus Jeannel* (Catopidae): An ultrastructural study by chemical fixation and Cryo fixation. Int. J. Insect Morphol. Embryol. 20(3): 169–184.
- DEY SUDIP (1998): A scanning electron microscopic study on the body cuticle and associated sensilla of an ant (worker) *Tetraponera rufonigra*. Proc. Nat. Acad.Sci.India 68(B), 1: 37–44
- DEY SUDIP (1999): Scanning Electron Microscopic detection of an unusual giant sensilla on the abdominal cuticle of the fifth instar larvae of the muga silk moth, *Antheraea assama*, Micron. 30/4: 339–348.

- DEY SUDIP, BAUL TSB, DEY D. (1989): A new rapid method of air-drying for scanning electron microscopy using tetra-methyl silane. *J. Microscopy*. 156: 259–261.
- DEY SUDIP, HOOROO RNK, & BHATTARCHARJEE CR. (1998): Electron Microscopy and Spectroscopical studies on coloured patches on wings of a butterfly, *Graphium sarpedon*. *Pigment Cell Research*. 11:1–11.
- DEY SUDIP, HOOROO RNK, BISWAS N, RAGHUVARMAN A. & CHOUDHURY S. (1999a): Cellular feature of muga silkworm (*Antheraea assama* Ww; Lepidoptera: saturniidae) midgut and its possible impact on indoor rearing. *Sericologia* 39 (4): 529–535.
- DEY SUDIP, HOOROO RNK. & BISWAS N. (1997): Dendritic organization of prominent sensory structures on the body of the first instar larva of the muga silk moth *Antheraea assamensis*. *Cytobios*. 92: 99–110.
- DEY SUDIP, HOOROO RNK. & VARMAN AR. (1999b): Morphology and distribution of sensilla in the antenna and proboscis of the male butterfly, *Graphium sarpedon* (Lepidoptera: Papilionidae) and their physiological significance. *J. Anim. Morphol. Physiol*. 46 (Nos 1 & 2): 43–56.
- DEY SUDIP, HOOROO RNK. & WANKHAR D. (1995): Scanning electron microscopic studies on the external morphology of sensilla on the legs of a butterfly *Graphium sarpedon* (Lepidoptera: Papilionidae): *Micron* 26: 367–376.
- DEY SUDIP, SINGH SURENDRA, DHAR NJ, BISWAS N, CHAKRAVORTY RAHUL, DAS PK, SHARMA DK. & RAGHUVARMAN A, (2002): Possible relationship between dorsal campaniform sensilla in head surface and preferred feeding posture of muga silkworm *Antheraea assama* during indoor rearing. *Sericologia*, 42(2): 171–180.
- FAUCHEUX MJ. (1990): Antennal sensilla in adult *Agathiphaea vitiensis* Duml and *A. Queenslandensis* Duml (Lepidoptera; Agathiphaeidae). *Int. J. Insect Morph. Embryol*. 19: 257–268.
- FAUCHEUX MJ. (1991): Morphology and distribution of sensilla on the cephalic appendages, tarsi and ovipositor of the European sunflower moth, *Homoeosoma nebula* Den and Schiff (Lepidoptera: Pyralidae). *Int. J. Insect. Morph. Embryol*. 20: 291–307.
- FUJIMERA K., YOKOHARI F. & TATEDA H. (1991): Classification of antennal olfactory receptor of the cockroach, *Periplaneta americana*. *Zool. Sci*. 8: 243–255.
- HAZARIKA L.K. & BORDOLOI S. (1998): Antennal and mouthpart sensilla of the muga silkworm, *Antheraea assama* (Lepidoptera: Saturniidae), *Sericologia*. 38(1): 55–63.
- HOND H. & HANUYA K. (1989): Scanning Electron Microscopy of antennal sensilla of the yellow peach moth, *Conogethis punctiferalis* (Guenee) and *Conogethis* sp. (Lepidoptera: Pyralidae). *Jap. J. Appl. Entomol. Zool*. 33: 238–246.
- JUNIPER B. & SOUTHWOOD R (1986): *Insects and the plant surface*. Edward Arnold (Publishers) Ltd, London.
- LEE JK, SELZER R. & ALTNER H. (1985): Lamellated outer dendritic segments of a chemoreceptor within wallpore sensilla in the labial palp pit organ of the butterfly, *Pieris rapae* L. (Insecta; Lepidoptera). *Cell Tissue Res*. 240: 333–342.
- MA WC. & SCHOONHOVEN L.M. (1973): Tarsal contact chemosensory hairs of the large white butterfly *Pieris brassicae* and their possible role in oviposition behaviour. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 16: 343–357
- NEVILLE AC. (1975): *Biology of the Arthropod cuticle*. Springer Verlag, Berlin. New York.
- NOAH JA, QUIMBY L, FRAZIER SF, & ZILL SN. (2004): Sensing the effect of body load in legs: responses of tibial campaniform sensilla to forces applied to the thorax in freely standing Cockroaches. *J.Comp. Physiol A Neuroethol sens Neural Behav Physiol*, 190(3): 201–215.
- NOAH JA, QUIMBY L, FRAZIER SF. & ZILL SN. (2001): Force detection in Cockroach walking reconsidered: discharge of proximal tibial campaniform sensilla when body load is altered. *J. Comp. Physiol [A]* 187 (10): 769–784.
- RIDGEL AL, FRAZIER SF., DICAPRIO RA., ZILL S.N., (2000): Encoding of forces by cockroach tibial campaniform sensilla: implication in dynamic control of posture and locomotion *J. Comp. Physiol [A]*. 186(4): 359–374.

- RUNION HI. & USHERWOOD PNR (1968): Tarsal recetors and leg reflexes in the locusts and grasshoppers. *J. Exp. Biol.* 56:173-193.
- SCHMIDT JM. & SMITH JJB. (1987): The external morphology of the legs and hair plate system of female *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) *Proc. R. Soc.Lond. B.* 232: 333-366.
- SCHNEIDER D. & STEINBRECHT RA. (1968): Checklist of insect olfactory sensilla. *Symp.zool. Soc. London* 23: 279-297.
- SCHNEIDER D. (1964): Insect antennae. *Ann. Rev. Ento.* 9: 103-122.
- SEITZ A. (1933): *The Macrolepidoptera of the world*, Alfred Keren Publishers, Stuttgart, vol.10, p. 909.
- THANGAVELU K, & SAHU AK. (1986): Further studies on indoor rearing of muga silkworm (*Antheraea assama* Ww.) (Saturniidae: Lepidoptera). *Sericologia*, 26(2): 215-224.
- THRONE N, CHROMEY C, BRAY S. & AMREIN H. (2004): Taste perception and coding in *Drosophila*. *Current Biology.* 14(12): 1065-1079.
- VENKATESH, S.AND SINGH.R.N.(1984): Sensilla on the third antennal segment of *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera : Drosophilidae). *Int. J. Insect. Morphol. Embryol.* 13: 51-63.
- WALADDE SM, KAHORO H, KOKWARO E. & CHIMTAWI M. (1985): Responses of chilo partellus to material obtained from susceptible and resistant maize cultivars *Insect Sci. Appl.* 6: 341-347.
- WENDLER G. (1972): Körperhaltung bei der stabhe -uschrecke: ihre Beziehung zur Schwereori - entierung und Mechanismen ihrer Regelung. *Verh. dt. Zool. Ges.* 1971: 214-219.
- WILLMER P. (1986): Microclimatic effects on insects at the plant surface. *In: Insects and the Plant Surface* (B. Juniper & R. Southwood eds)Edward Arnold (Publishers) Ltd, London, pp: 65 - 80.
- WONG RN. & PEARSON KG. (1976): Properties of the trochanteral hairplate and its function in the control of walking in the cockroach. *J. Exp. Biol.* 64: 233-249.
- ZACHARUK RV. (1980): Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annu. Rev. Entomol.* 25-27.
- ZILL SN. & MORAN DT. (1981a): The exoskeleton and insect proprioception. I. Responses of tibial campaniform sensilla to external and muscle - generated force in the American cockroach, *Periplaneta americana*. *J. Exp. Biol.* 91: 1-24.

ETUDES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE DES SENSILLES THORACIQUES DE DIFFERENTS STADES LARVAIRES CHEZ LE PAPILLON DU VER A SOIE MUGA, *ANTHERAEA ASSAMENSIS* ET DE LEUR ROLE DANS LEUR COMPORTEMENT D'ALIMENTATION

SUDIP DEY^{*1}, SURENDRA SINGH¹, RAHUL CHAKRABORY¹, SUDIPTO
CHAUDHURY², R. N. K. HOROO² & D. K. SHARMA³

1 Electron Microscope Division, Sophisticated Analytical Instrumentation Facility, North Eastern
Hill University, Shillong – 793 022, Meghalaya, Inde.

2. Department of Zoology, Gauhati University, Guwahati – 781014, Assam, Inde.

3. Department of Zoology, Gauhati University, Guwahati – 781017, Assam, Inde.

*Le papillon du ver à soie muga **Antheraea assamensis** est une espèce originaire de l'Assam et d'autres Etats du nord-est de l'Inde. Bien que l'on pense que des connaissances détaillées du système sensoriel de l'insecte soient importantes pour mettre au point des stratégies appropriées pour son élevage et sa domestication, il existe très peu de rapports sur l'étude des aspects ultrastructuraux ou de base du système sensoriel de l'insecte. Dans le cadre de nos études sur le système sensoriel larvaire du ver à soie muga **Antheraea assamensis**, cet article fournit une description détaillée sur la morphologie, les caractéristiques ultrastructurales de la surface, l'emplacement, le profil de distribution, etc. de différentes sensilles thoraciques pendant tous les stades larvaires. On a pu détecter un ensemble de sensilles y compris, une plage sétifère de sensilles, des sensilles trichoides, basiconiques, des sensilles à sillons, des sensilles campaniformes, etc. à différents emplacements du thorax. Nous discutons du rôle possible de ces sensilles dans le comportement de recherche du ver pendant l'alimentation à l'aide de la littérature appropriée.*

INTRODUCTION

Antheraea assamensis ou le ver à soie « muga » est un insecte semi-domestiqué, polyvoltin, polyphage, qui a six générations par an (Seitz, 1933). L'insecte est originaire de l'Assam et d'autres Etats du nord-est de l'Inde.

Comme le ver dépend de conditions climatiques favorables pour sa croissance et son développement, il doit obligatoirement être élevé à l'extérieur. Par conséquent, les vers fragiles sont soumis aux contraintes de l'environnement, telles que la grêle et un certain nombre de prédateurs, tels que les oiseaux. Pour surmonter ces problèmes, on a toujours pensé que la domestication du ver à soie grâce à l'élevage à l'intérieur serait importante. Il est aussi logique que l'élevage à l'intérieur minimiserait la dépendance complète vis-à-vis de climats favorables pour la croissance et le développement du ver.

Cependant, plusieurs essais réalisés par le passé pour domestiquer le ver ont échoué, particulièrement lors de l'élevage à grande échelle (Thangavelu & Sahu, 1986).

Il est évident qu'avant d'entreprendre l'élevage à l'intérieur, des connaissances détaillées sur le comportement de l'insecte, sa physiologie, la spécialisation de ses caractéristiques structurales sont

* Auteur auquel adresser la correspondance : E-mail : sudip.dey1@gmail.com

essentielles. La littérature souligne largement que la diversité d'adaptation d'un insecte s'exprime le mieux par la spécialisation chimique et structurale de la cuticule chitineuse qui recouvre le corps (Neville, 1975), qui diffère chez différentes espèces et dans différentes parties du corps du même individu. On a rapporté que les structures cuticulaires spécialisées en tant que sensilles sont présentes sur différentes parties du corps des insectes et on sait qu'elles réalisent un ensemble de fonctions (Bland, 1983 ; Alm & Hall, 1986 ; Crouau & Crouau-Roy, 1991).

Il est établi que les réponses comportementales d'un insecte à différents stimuli pendant les stades adultes ou larvaires sont gouvernées par leurs structures sensorielles. En effet, on sait que les récepteurs sensoriels jouent un rôle important dans le choix de la plante hôte chez certains papillons, en répondant à différents stimuli chimiques et mécaniques (Chadha & Roome, 1980 ; Waladde et coll., 1985).

Les larves lépidoptères possèdent plusieurs types de sensilles dont on a confirmé les fonctions dans la perception des stimuli de l'environnement externe à partir d'études comportementales et physiologiques (Albert, 1980 ; Ave, 1981).

Bien que de nombreuses études détaillées aient été réalisées sur les structures sensorielles détaillées de différents lépidoptères et d'autres espèces d'insectes (Fauchaux, 1990, 1991 ; Hond & Hanya, 1989 ; Lee et coll., 1985 ; Dey, 1998 ; Dey et coll., 1995 ; Dey et coll., 1998) il existe très peu de rapports sur les sensilles du ver à soie « muga », *Antheraea assamensis* dans la littérature existante (Hazarika & Bordoloi 1998 ; Dey et coll., 1997 ; Dey et coll., 1999 ; Dey et coll., 2002 ; Dey, 1999).

Il est largement prouvé que les insectes répondent à des substances chimiques sur la surface de la feuille et leur détection nécessite des types de récepteurs spéciaux (Stadler, 1984). On a constaté que les sensilles sur les appendices thoraciques de certains insectes sont importantes pour détecter les substances chimiques de la surface foliaire de la plante hôte (Ma & Scoonhoven, 1973 ; Calvert, 1974).

Compte tenu de ces éléments, nous avons entrepris cette étude pour connaître les caractéristiques ultrastructurales détaillées de la surface des sensilles thoraciques des différents âges larvaires du papillon du ver à soie muga, *Antheraea assamensis*, qui pourraient avoir une pertinence dans le comportement caractéristique de l'insecte, que l'on pourrait utiliser pour mettre au point des stratégies appropriées pour l'élevage à l'intérieur du ver.

MATERIELS ET METHODES

Matériels insectes :

Les matériels insectes utilisés dans cette étude sont les cuticules thoraciques de différents stades du papillon du ver à soie muga, *Antheraea assamensis*.

Recueil des échantillons :

On recueille dix échantillons de différents stades larvaires d'*Antheraea assamensis* auprès du Central Silk Board, Muga Silk Seed Organization, Unité P3, Nongpoh, à Meghalaya en Inde.

Préparation microscopique :

On excise le thorax du premier, deuxième, troisième, quatrième et cinquième stade larvaire d'*Antheraea assamensis* du corps, après avoir sacrifié les vers vivants. On coupe les échantillons en petits morceaux (2 mm × 2 mm) et on les lave soigneusement deux fois avec de l'eau distillée pour enlever les matières superflues, s'il y en a. Ensuite, on fixe les échantillons dans du glutaraldéhyde à 2,5-3 %, préparé dans un tampon de 0,1 M de cacodylate de sodium (pH 7,2) pendant 4 heures à 4° C. Après la première fixation, on lave les échantillons dans un tampon de 0,1 M de cacodylate de sodium pendant 15 à 30 minutes. On procède à la post-fixation avec du tetroxyde d'osmium à 1 % préparé dans un tampon de 0,1 M de cacodylate de sodium (pH 7,2) pendant 1 heure.

Puis, on déshydrate les échantillons dans une série progressive d'acétone et on les sèche dans du tétraméthylsilane, d'après la procédure de Dey et coll., (1989). On fixe les échantillons séchés horizontalement à des montants en cuivre (10 mm de diamètre × 30 mm de hauteur) avec du scotch double face via un morceau de peinture argent pour assurer la condition de charge.

On applique une couche conductrice à l'échantillon à l'aide d'un pulvérisateur d'enduction d'ions JFC-1100 (Jeol). On établit un vide relativement faible (10^{-3} torr) dans le compartiment de pulvérisation et on utilise de l'or comme métal cible.

On examine les échantillons enduits sous un microscope électronique à balayage JSM-6360 (Jeol) avec un voltage d'accélération de 20Kv dans le mode d'émission électronique secondaire.

RESULTATS

On peut détecter une grande variété de sensilles différentes sur la cuticule thoracique, en particulier sur la partie ventrale. Il est évident qu'il y a une augmentation progressive de la densité de poils sensoriels du premier au dernier âge. Les types de sensilles situées sur le thorax des différents âges sont les suivantes :

1. Ver à soie du premier âge :

Le premier âge d'*Antheraea assamensis* révèle la présence de deux types de sensilles sur la cuticule thoracique.

(ii) Plage sétifère de sensilles:

Ces sensilles sont situées sur le bord des trois segments thoraciques dans les parties ventro-latérales. Elles sont disposées en groupes de 5 à 8 sur les trois plaques latérales situées à côté des pattes pro-, meso- et meta-thoraciques (Fig. 1). La longueur du membre individuel de la sensille est comprise entre 400 μm et 733,3 μm et la cavité de chacune présente des plis caractéristiques, qui indique son association intime avec la cuticule adjacente (Figs. 2, 3). La surface des sensilles est lisse et la coupe transversale présente une paroi considérablement épaisse (Figs 4, 5).

(iii) Sensilles trichodea type 1 :

C'est un type de sensilles trichoïdes situées à l'extrémité des pattes pro-, meso et meta-thoraciques. Elles sont approximativement 4 à 5 sur chaque patte. Elles sont présentes près de la griffe. La longueur de la sensille est comprise entre 115 μm et 195 μm et la largeur à la base et à l'extrémité fait respectivement 10 μm et 5 μm (Figs. 6, 7 ; Tableau I). La cavité de la sensille est ronde avec un diamètre d'environ 25 μm . La griffe est bien développée avec une large base d'environ 75 μm de largeur et environ 158,3 μm de longueur. L'extrémité de la griffe s'avère recourbée et pointue (Fig. 7).

2. Ver à soie du deuxième âge :

Le système sensoriel des segments thoraciques est constitué de trois différents types de sensilles.

(i) Plage sétifère de sensilles :

La sensille s'avère similaire à celles qui sont présentes pendant le premier âge (Tableau I).

(ii) Sensilles trichodea type 1 :

Cette sensille est aussi exactement la même que celle du premier âge en ce qui concerne son emplacement, son schéma de distribution et ses caractéristiques ultrastructurales (Tableau I).

(iii) Sensilles à sillons :

Cette sensille est caractérisée par la présence d'un certain nombre de sillons (Fig 8). On peut détecter 2 à 5 sensilles à sillons sur la cuticule thoracique. La longueur de la sensille est comprise entre 140 μm et 175 μm . La sensille est logée à l'intérieur d'une cavité de 29,16 μm de diamètre (Fig. 9). La surface de la sensille à sillons est rugueuse, ce qui indique la présence de pores dessus (Fig. 9 ; Tableau I).

3. Ver à soie du 3^{ème} âge :

La population générale de sensilles s'avère être plus importante par comparaison aux premier et deuxième âges. Les sensilles que l'on trouve pendant le 3^{ème} âge sont les suivantes :

(i) Plage sétifère de sensilles :

L'emplacement et la morphologie ultrastructurale de plages sétifères de sensilles s'avèrent être similaires à ceux des vers du premier et du deuxième âge. Cependant, le nombre de sensilles individuelles de la plage sétifère est moins important que chez les vers à soie du premier et du deuxième âge (Tableau I).

(ii) Sensilles Trichodea type 1 :

L'emplacement, la forme, les caractéristiques ultrastructurales etc. des sensilles sont similaires à ceux du premier et du deuxième âge (Tableau I).

(iii) Sensilles à sillons :

Cette sensille ne présente pas de différence en termes d'emplacement, de forme, de caractéristiques ultrastructurales, etc. par comparaison à celles des premier et deuxième âges. Cependant, le nombre de sensilles est plus important que celui des autres âges (Tableau I).

(iv) Sensilles trichodea type 2 :

Cette sensille a une cavité ronde mais plate, avec un diamètre compris entre 68 μm et 100 μm . La longueur de la sensille est comprise entre 1402,1 μm et 1422,2 μm , la largeur à la base entre 36,5 μm et 44,2 μm et celle de l'extrémité entre 17,9 μm et 22,2 μm . Il y a 3 ou 4 sensilles de ce type sur la surface de la cuticule thoracique sur l'espace entre chaque paire d'appendices thoraciques (Fig 10, Tableau I).

(v) Sensilles Trichodea type 3 :

Il y a 5 à 7 sensilles trichodea de type 3 sur le bord de chaque segment thoracique. La longueur de la sensille est comprise entre 42,5 μm et 75 μm . Le diamètre de la cavité est compris entre 17,5 μm et 35 μm . La largeur de la sensille à la base et à l'extrémité fait respectivement 2,8 μm et 0,1 μm . La surface présente des trous à certains endroits, ce qui indique sa nature poreuse (Fig. 11 ; Tableau I).

(vi) Sensilles trichodea type 4 :

Ces sensilles sont réparties sur toute la cuticule thoracique (Fig. 12). Leur nombre est compris entre 10 et 15. La longueur de la sensille est d'environ 119,22 μm à 138,5 μm . La cavité est cylindrique et sa largeur fait environ 26,9 μm . La surface présente de fines striations, ce qui indique sa nature poreuse (Fig. 13).

(vii) Sensilles basiconiques, Vt-B-1 :

Ces sensilles sont situées sur la partie ventro-latérale du thorax près des appendices de chaque segment. Le nombre de sensilles de chaque segment est compris entre 4 et 7 (Fig 14, Tableau I). Chacune des sensilles est constituée d'une cavité ronde, dont le diamètre fait environ 38,8 μm . La

longueur de la sensille est comprise entre 83,33 μm et 116,6 μm . La largeur de la base et de l'extrémité fait environ respectivement 22,21 μm et 5,5 μm . La sensille est constituée de pores minuscules (Fig. 15).

(viii) Sensilles basiconiques, Vt-B-2 :

C'est une sensille basiconique relativement grande, dont la longueur est comprise entre 55,5 μm et 94,4 μm . Le diamètre de la cavité est compris entre 27,5 μm et 37,5 μm (Fig 16). La largeur à la base et l'extrémité fait respectivement 27,75 μm et 5,5 μm . Le nombre de sensilles est de 2 à 3 sur chacun des segments thoraciques (Tableau I). La surface de la sensille présente des trous et des striations semi-circulaires (Fig. 16).

(ix) Sensilles campaniforme ventrales :

Il existe environ 8 à 10 sensilles campaniformes ventrales situées près des appendices thoraciques (Fig. 17).

4. Ver à soie du quatrième âge :

(i) Plage sétifère de sensilles :

A la différence des vers à soie du premier, du deuxième et du troisième âge, la plage latérale portant les sensilles est plus ou moins de forme ronde. Le diamètre de la plaque fait environ 833 μm . Six à sept sensilles individuelles sont présentes sur chaque plage, située près de chacun des appendices pro-, meso- et meta-thoraciques. Les caractéristiques microstructurales de la surface s'avèrent similaires à celles des autres âges (Tableau I).

(ii) Sensilla Trichodea type 1 :

L'emplacement, la forme, les caractéristiques ultrastructurales de la sensille s'avèrent être les mêmes que celles des autres âges (Fig 7, Tableau I).

(iii) Sensilles à sillons :

Ces sensilles sont similaires à celles des autres âges en termes d'emplacement, de forme et de caractéristiques ultrastructurales (Fig 8-10). Le nombre de sensilles est identique à celui du troisième âge (Tableau I).

(iv) Sensilla Trichodea type 2 :

La forme, les caractéristiques ultrastructurales, les emplacements de cette sensille sont similaires à celles des autres âges (Tableau I).

(v) Sensilla Trichodea type 3 :

Le nombre de sensilles est d'environ 10 sur chacun des segments thoraciques. Les autres caractéristiques des sensilles sont similaires à celles des premiers âges (Tableau I).

(vi) Sensilla trichodea type 4 :

Le schéma de distribution, les caractéristiques ultrastructurales des sensilles sont similaires à celles des autres âges (Tableau I).

(vii) Sensilla Trichodea type 5 :

Cette sensille est située sur la cuticule thoracique ventrale près de chacun des appendices thoraciques. La sensille est constituée d'une cavité ronde et d'une diaphyse allongée. La longueur de la sensille est comprise entre 52,5 μm et 75,5 μm (Fig 18). La surface de la sensille présente des striations semi-circulaires et des trous, ce qui indique sa nature multi-poreuse (Fig 19). Par ailleurs,

de petites épines cuticulaires présentes sur la surface sont intimement associées avec la cavité de la sensille.

(viii) Sensilles basiconiques, Vt-B-1 :

L' emplacement, le schéma de distribution, les caractéristiques ultrastructurales de la sensille ne présentent pas de variation par rapport à ceux des sensilles basiconiques du troisième âge. Cependant, le nombre de sensilles est marginalement plus élevé ici (Tableau I).

(ix) Sensilles basiconiques, Vt-B-2 :

Ces sensilles sont exactement les mêmes en ce qui concerne l'emplacement, le schéma de distribution, la dimension, les caractéristiques ultrastructurales et le nombre que celles du troisième âge (Tableau I).

(x) Sensilles campaniformes ventrales :

Le ver du 4^{ème} âge présente un certain nombre de sensilles campaniformes ventrales près des appendices thoraciques. Elles sont exactement similaires à celles du 3^{ème} âge, pour l'emplacement, le nombre et les caractéristiques structurales, etc. (Fig. 20).

(xi) Epines cuticulaires :

La cuticule thoracique générale du ver à soie du 4^{ème} âge est recouverte d'innombrables épines, dont la longueur est comprise entre 10 µm et 10,9 µm. Leur population est si dense, qu'on ne peut pas distinguer leurs caractéristiques structurales de base, car elles chevauchent la diaphyse de l'épine adjacente (Fig. 21, Tableau II).

(xii) Petites sensilles coniques :

A côté des épines cuticulaires, de petites sensilles coniques similaires à un certain type de sensilles de base sont présentes sur la cuticule générale thoracique. Elles font environ 1 à 4 µm de long. Elles sont innombrables comme les épines cuticulaires (Fig. 22, Tableau I).

5. Ver à soie du 5^{ème} âge :

(i) Plage sétifère de sensilles :

L'emplacement, le schéma de distribution, la dimension des sensilles comprenant la plage sétifère sont similaires à ceux du 4^{ème} âge (Tableau I).

(ii) Sensilles Trichodea type 1 :

L'emplacement, la forme, les caractéristiques ultrastructurales des sensilles s'avèrent être les mêmes que ceux du 4^{ème} âge (Tableau I).

(iii) Sensilles à sillons :

Les sensilles à sillons du ver à soie du 5^{ème} âge s'avèrent être similaires à celles des autres âges (Tableau I).

(iv) Sensilles Trichodea type 2 :

Cette sensille est exactement la même que celle des vers du 4^{ème} âge, en termes de dimension, de nombre, de disposition, etc. (Tableau I).

(v) Sensilles trichodea type 3 :

Cette sensille est similaire à celle du ver du quatrième âge (Tableau I).

(vi) Sensilles trichodea type 4 :

Cette sensille est plus ou moins identique à celle du 4^{ème} âge (Tableau I).

(vii) Sensilles trichodea type 5 :

Les caractéristiques structurales le nombre, le schéma de distribution des sensilles sont presque similaire à ceux du 4^{ème} âge (Tableau I).

(viii) Sensilles trichodea type 6 :

Cette sensille est située sur le bord du segment pro-thoracique. Il y a environ huit sensilles de ce type. La cavité de la sensille est ronde, avec un diamètre compris entre 100 µm et 106,6 µm. La longueur de la sensille varie de 461,53 à 1346,15 µm. A une distance d'environ 281,25 µm de la base, il y a un agrandissement de la largeur. La largeur à la base et à l'extrémité s'avère faire respectivement 46,6 µm et 3,3 µm. De fines striations sont présentes sur la surface de la sensille (Fig. 23-26).

(ix) Sensilles campaniformes ventrales :

L'emplacement, le schéma de distribution, la dimension, le nombre et les caractéristiques structurales des sensilles s'avèrent être similaires à ceux des vers du 4^{ème} âge (Tableau I).

(x) Sensilles basiconiques Type Vt-b-1 :

Cette sensille s'avère être identique à celle du 4^{ème} âge (Tableau I).

(xi) Sensilles basiconiques type Vt-B—2 :

Cette sensille présente aussi une similitude avec celle du 4^{ème} âge (Tableau I).

(xii) Epines cuticulaires :

On observe d'innombrables épines cuticulaires sur la cuticule thoracique comme chez les vers du 4^{ème} âge (Fig. 21).

(xiii) Petites sensilles coniques :

Sur la cuticule thoracique ventrale, on peut détecter de petites sensilles coniques similaires à celles du 4^{ème} âge (Fig. 22).

DISCUSSION

Une grande variété de sensilles que l'on détecte à différents emplacements pendant les premiers et aussi les stades larvaires plus avancés du papillon du ver à soie *Antheraea assamensis* suggère qu'elles sont impliquées dans le comportement spécifique des vers pendant leur activité d'alimentation.

Les plages sétifères de sensilles détectées sur la partie ventro-latérale du thorax à côté des appendices thoraciques pendant tous les stades larvaires, agissent comme des propriocepteurs. On a signalé que ces sensilles sont présentes dans les zones communes des pattes, des antennes, des ailes et des abdomens des insectes (Schmidt & Smith, 1987) et sont composées de groupes de sensilles trichoides. Elles fonctionnent comme des détecteurs de position proprioceptifs. On a rapporté que la plupart des plages sétifères de sensilles ont des réponses phasotoniques à toniques (Runion & Usherwood, 1986). Pendant les différents stades larvaires d'*Antheraea assamensis*, les sensilles dans une plage sétifère sont disposées en rangée de manière perpendiculaire à la membrane commune, ce qui entraîne une stimulation séquentielle. La position de la sensille facilite la détection d'une zone particulière d'angles communs par les sensilles individuelles. On a rapporté une disposition similaire des sensilles d'une plage sétifère chez d'autres insectes et on a avancé la même explication par rapport

au positionnement spécifique des sensilles (Schmidt & Smith, 1987). On a signalé que les plages sétifères de nombreux insectes sont impliquées dans les réflexes qui régulent la hauteur du corps au-dessus du substrat (Wendler 1972 ; Wong & Pearson, 1976). Cela concerne le comportement de recherche d'*Antheraea assamensis* dans cette étude, puisque le thorax et ses appendices se lèvent parfois au-dessus de la surface de la feuille ou de la tige, comme le montrent les études comportementales.

Les sensilles trichodea de type 1, 2, 3, 4, 5 et 6 que l'on détecte sur les segments thoraciques des différents stades larvaires s'avèrent être des chimio-récepteurs ou des récepteurs olfactifs, comme le révèlent leur surface multi-poreuse, les caractéristiques structurales des cavités et les autres caractéristiques morphologiques (Schneider 1964 ; Trhorne et coll., 2004). L'augmentation du nombre et du type de sensilles trichoides, alors que les stades larvaires progressent, semble être due à l'augmentation des types de substances phyto-chimiques, ainsi qu'à la maturité des feuilles (Atkins & Hamilton, 1982). Cela est d'avantage prouvé par la détection de deux types de sensilles basiconiques, Vt-B-1 et Vt-B-2 sur le thorax du ver à soie à partir du troisième âge. La sensille basiconique présente les caractéristiques morphologiques typiques des chimio-récepteurs (Zacharuk, 1980) et on sait aussi que ce sont des récepteurs olfactifs chez de nombreux insectes (Schneider & Steinbrecht, 1968).

On a rapporté que les sensilles à sillons situées sur les segments thoraciques de tous les âges fonctionnent comme des récepteurs olfactifs ou des thermo-récepteurs ou les deux (Venkatesh & Singh, 1984 ; Altner et coll., 1977 ; Fujimera et coll., 1991). Puisqu'il y a de nombreux types de sensilles olfactives à différents emplacement, y compris dans les parties buccales, la cuticule céphalique, la cuticule thoracique, etc... (Singh, 2006) chez *Antheraea assamensis*, il apparaît que le principal rôle que jouent les sensilles à sillons détectées sur les segments thoraciques soit la thermo-réception. Dans ce contexte, on doit souligner que l'on a rapporté que la thermo-réception joue un rôle significatif dans le comportement d'alimentation des insectes phytophages (Wilmer, 1986).

Les sensilles campaniformes ventrales des segments thoraciques chez *Antheraea assamensis* sont susceptibles de jouer un rôle important dans le mouvement du corps et son orientation, puisque les sensilles apportent l'information de chargement nécessaire pour la régulation efficace du corps (Zill & Moran 1981 ; Ridget et coll., 2000 ; Noah et coll., 2004) pendant le comportement de « recherche » de l'insecte pour détecter l'aptitude de la feuille de la plante hôte à la consommation.

Les griffes des appendices thoraciques, les innombrables épines et les sensilles coniques sur la surface de la cuticule thoracique des derniers âges d'*Antheraea assamensis* pourraient abîmer certaines parties de la surface foliaire par la friction et exposer les substances phyto-chimiques internes pour qu'elles soient perçues par différents types de récepteurs chimiques et olfactifs (Juniper & Southwood, 1986).

IDENTIFICATION OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS ASSOCIATED WITH DROUGHT RESISTANCE FOR AIDING THE SCREENING PROCESS IN MULBERRY BREEDING

MALA V. RAJAN, M.G. SABITHA, K. JHANSILAKSHMI & S.B. DANDIN¹

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

1. Vice Chancellor, Horticulture University, Bagalkote, Karnataka, India.

Mulberry (Morus Spp.) is being cultivated both under irrigated and rainfed conditions. As water is the primary limiting factor for production of quality mulberry leaf, the crop growth and development will be greatly affected under moisture stress environments. The present study was taken up to identify the key physiological parameters associated with drought resistance by studying various parameters in 8 mulberry genotypes both under water stress and non stress conditions. Of the eight varieties tested S13 was found to record higher values in maximum number of parameters related to drought tolerance and was found to have high drought tolerance efficiency. The present study indicates that physiological parameters viz., high Relative Water Content, stomatal conductance, cell membrane stability & Drought Tolerance Efficiency can be used as dependable parameters in screening process of mulberry breeding for isolating drought resistant genotypes.

Keywords: *Morus Spp.*, drought resistance, physiological parameters, water stress, drought tolerance efficiency.

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus Spp.*) is a perennial species being cultivated as a foliage crop both under irrigated and rainfed conditions for production of silk by rearing silkworm *Bombyx mori*. L. In recent years due to the receding water table and reduced as well as erratic rainfall in South India, the research area on development of mulberry varieties suitable for moisture stress condition has gained importance.

A drought tolerant variety is the one which gives highest leaf yield when all genotypes are exposed to the same level of water stress. The better performance of a variety to water stress could be as a result of its adaptive stress physiology and structural make up of leaf for effectively maintaining plant water stress. Even though a few genotypes are identified for cultivation under water stress condition through the morphological & anatomical characteristics, the physiological characteristics of a plant contributing to its adaptability are not clearly defined and the identification of these attributes have immense application in screening of hybrids and developing mulberry genotypes for moisture stress conditions.

As water is the primary factor limiting the production of quality mulberry leaf, the processes associated with crop growth and development will be greatly affected. Most of the physiological and biochemical processes associated with crop growth and development are affected by water deficit. Though some success has been achieved in evolving a few varieties for water stress conditions (Susheelamma *et al.*, 1989 & 1992) the studies on identification of key physiological parameters for screening of mulberry genotypes for drought resistance breeding are scanty. The present study was

taken up to identify the key physiological parameters associated with drought resistance for aiding the screening process in mulberry breeding.

MATERIALS AND METHODS

Eight mulberry genotypes viz., **RC1, RC2, MR2, Local, S13, AR-11, V1 & S36** with 3 replications were established in Randomized Block Design under non stress and moisture stress conditions (50 % of water based on Pan Evapo-meter values). Data were recorded on the 70th day of each crop cycle on the following parameters both under stress and non-stress conditions.

⇒ **Growth & yield parameters:** – Total shoot length and leaf yield / plant

⇒ **Drought tolerance parameters:**

Plant Height Stress Index (PHSI): The values calculated based on the total shoot length during stress to that of non stress conditions.

Drought Susceptibility Index (DSI): Calculated as per the formula suggested by Fischer & Maurer (1978)

Drought Tolerance Efficiency (DTE): Calculated as per the formula suggested by Fischer & Wood (1981)

⇒ **Gas exchange parameters:**

Photosynthetic rate: Recorded with LICOR portable Photosynthetic system (Model: LI-6200)

Transpiration rate & Stomatal conductance : Recorded with Porometer reading (Model: LI-1600 -LICOR)

⇒ **Osmotic constituents:**

Total soluble sugar content: Recorded by Calorimetric method as suggested by Dubois *et al.* (1956)

Potassium content: Recorded by Flame photometric method as suggested by Jackson (1962)

Proline content: Recorded by Calorimetric method as suggested by Bates *et al.* (1973)

⇒ **Water relation parameters:**

Relative Water Content: Recorded as per the formula suggested by Kramer (1983)

Water potential: Recorded using Dew Point Potentiometer (WP-4)

Cell membrane stability index: Recorded using EC meter.

Chlorophyll stability Index:

Fluorescence stability Index:

The data were recorded for three years in 15 crops covering all the three seasons and statistically analyzed for test of significance.

RESULTS AND DISCUSSION

The data related to different parameters are presented in Tables I to IV. Significant differences were recorded among the genotypes for all the parameters studied. The maximum leaf yield of 868.8g /plant was recorded in V1 followed by RC1 (830 g/plant) under non-stress conditions. Under stress conditions S13 recorded the highest leaf yield (275.3g/plant) followed by V1 (216.8g/plant). The leaf yield was lowest in Local (587.58g/plant) under non-stress conditions. AR11 & MR2 recorded the lowest leaf yield (99.5 g/plant) under stress conditions. The total shoot length was highest in AR11

(2490cm) under non stress conditions followed by RC2 (1985 cm). Under stress conditions, the highest value of 1241 cm was recorded in S-13 followed by Local (1165 cm). Plant Height Stress Index (PHSI) was also highest in S13 (0.652) followed by Local (0.632)

The reduction in leaf yield was minimum (61.03%) in S-13 compared to that of other genotypes tested with highest drought tolerance efficiency (38.97%) under stress conditions. Sikdar *et al.*, (1983), Susheelamma and Jolly, (1986), Susheelamma *et al.*, (1988;1990;1992) have studied mulberry germplasm accessions for morpho-physiological parameters mainly anatomical characters and observed considerable variations. Mogali *et al.*, (1992) analysed the anatomical and root characters associated with drought resistance in mulberry through index scoring. Benarjee *et al.*, (2006) studied the morpho-anatomical traits for preliminary screening of mulberry genotypes for moisture stress by joint screening technique. Similar studies on growth & yield parameters have been made in other perennial crops viz., Tea (Hajra, 2002) and a significant decrease in the growth rate during water stress period was observed.

Table 1. Moisture Stress indices related to growth and leaf yield in different mulberry genotypes.

Tableau 1. Relation entre les indices de stress en eau, la croissance et le rendement foliaire chez différents génotypes de mûrier.

Sl. No	Geno- types	Leaf yield / plant (g)		Leaf yield reduction under stress (%)	DSI	DTE (%)	Total shoot length (cm)		Plant height stress index (PHSI)
		Non-Stres	Stress				Non-stress	Stress	
		Rendement foliaire / plant (g)	Diminution du rendement foliaire avec le stress (%)				Longueur totale de la pousse (cm)	Indice hauteur de la plante (PHSI)	
No. de série		Sans stress	Avec le stress	(%)			Sans stress	Avec le stress	
1	RC1	830.0	11.8	86.5	1.097	13.46	1510	448	0.296
2	RC2	725.0	183.8	74.7	0.947	25.34	1985	1038	0.523
3	MR2	683.8	99.5	85.4	1.083	14.55	1712	551	0.322
4	AR11	823.0	99.5	87.9	1.115	12.09	2490	794	0.319
5	S36	752.0	118.0	84.3	1.069	15.69	1165	572	0.491
6	V1	868.8	216.8	75.1	0.952	24.95	1713	798	0.466
7	Local	587.5	158.0	73.1	0.927	26.89	1844	1165	0.632
8	S13	706.3	275.3	61.0	0.774	38.97	1903	1241	0.652
Mean / Moyenne		747.0	157.8				1790	826	
C.D. at 5%		104.0	59				168	92	

Table II. Gas exchange parameters under moisture stress & non-stress conditions.

Tableau II. Paramètres d'échange de gaz dans des conditions de stress et sans stress en eau.

Sl. No.	Genotypes	Photosynthetic rate ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		Transpiration rate ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		Stomatal conductance ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
		Non-stress	Stress	Non-stress	Stress	Non-stress	Stress
		<i>Taux photosynthétique</i> ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		<i>Taux de transpiration</i> ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		<i>Conductance stomatique</i> ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
No. de série		Sans stress	Avec stress	Sans stress	Avec stress	Sans stress	Avec stress
1	RC1	28.21	8.55	4.40	2.30	214	32
2	RC2	26.52	6.67	4.60	0.73	191	57
3	MR2	24.43	2.25	4.58	0.17	256	11
4	AR11	23.38	4.14	3.30	1.65	170	31
5	S36	20.20	4.54	2.90	0.55	109	16
6	V1	25.28	7.18	3.54	1.50	228	38
7	Local	14.36	6.80	2.05	0.20	92	15
8	S13	25.10	7.58	3.20	0.95	180	23
	CD at 5%	1.89	0.74	0.98	1.01	58	9

The DSI was lowest (0.774) in S13 followed by Local (0.927) and RC2 (0.947) and highest in RC-1 (1.097). The DTE was highest in S13 (38.97) followed by Local (26.89) and RC2 (25.34).

The photosynthetic rate under non-stress conditions was highest in RC1 ($28.21 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$) followed by RC2 ($26.52 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$) and V1 ($25.28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$). Under stress conditions RC1 recorded the highest value ($8.55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$) followed by S13 ($7.58 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$) and V1 ($7.18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{S}_0\text{I}$). Transpiration rate was highest ($4.6 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) in RC2 under non-stress conditions closely followed by MR2 ($4.58 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) and RC1 ($2.30 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$). Under stress conditions transpiration rate was highest in RC1 ($2.306 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) followed by AR11 ($1.65 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) and V1 ($1.50 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$). Stomatal conductance was highest in MR2 ($256 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) followed by V1 ($228 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) and RC1 ($214 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) under non-stress conditions under stress conditions also stomatal conductance was highest in RC2 ($57 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) followed by V1 ($38 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$) and RC1 ($32 \text{mmol m}^{-2} \text{sol}$).

Photosynthesis was considered as an important parameter for screening of mulberry germplasm (Singhal *et al.*, 2000). Physiological parameters were studied by Hajra, (2002) in Tea and reduction in photosynthesis was observed which in turn affected the growth & yield. Photosynthetic activity was studied by Alam *et al.* (2006) in *Hevia brasiliensis* and significant reduction in photochemical activity and increase in oxidative damage was reported during drought.

Summis and Jerigan, (1992) while studying the crop water stress index in ornamental plants have calculated the relative transpiration using alfalfa as a standard and mulberry recorded relative transpiration of 0.42. Das *et al.* (1995) evaluated the gas exchange parameters in five mulberry

genotypes and reported that net photosynthetic rate varied considerably and was positively correlated with stomatal resistance. Barman *et al* (2008) studied the seasonal changes in metabolic activities of drought tolerant & susceptible clones of Tea (*Camellia sinensis* L.). The results of the present study are inline with the above reports. Reduction in photosynthetic rate was reflected in percentage yield reduction in all the genotypes and highest leaf yield reduction was in MR2 followed by AR11.

Table III. Changes in osmotic constituents under soil moisture stress conditions.

Tableau III. Changements des constituants osmotiques dans des conditions de stress en eau.

Sl. No.	Genotypes	Total Soluble Sugar (mg / g)		Potassium (%)		Proline (µg/g)	
		Non- stress	Stress	Non-stress	Stress	Non Stress	Stress
No. d'ordre		Ensemble des sucres solubles (mg / g)		Potassium (%)		Proline (µg / g)	
		Sans stress	Avec stress	Sans stress	Avec stress	Sans stress	Avec stress
1	RC-1	52.70	84.52	0.575	1.025	362.50	398.75
2	RC-2	81.78	88.84	1.000	1.632	652.50	725.00
3	MR-2	58.60	72.02	0.900	1.175	471.25	688.75
4	AR-11	71.84	86.10	0.550	1.257	181.25	978.75
5	S-36	70.24	76.64	1.175	1.010	652.50	580.00
6	V-1	92.30	67.82	1.025	1.120	797.50	290.00
7	Local	90.61	83.99	0.850	1.325	326.25	761.25
8	S-13	84.10	90.88	1.025	1.666	616.25	870.01
9	C.D at 5%	4.42	3.34	0.089	0.74	28.19	24.15

Total soluble sugar content was highest in V1 (92.30 mg/g) under non stress condition followed by Local (90.61 mg/g) and S13 (84.10mg/g). Under stress conditions, S13 recorded the highest value (90.88 mg/g) followed by RC2 (88.84 mg/g) and AR11 (86.10mg/g). The total soluble sugar content has increased in all the genotypes under stress conditions except in V1 & S36 which are exclusively irrigated varieties, indicating that high total soluble sugar content can be taken as a reliable parameter for drought resistance screening. Potassium content was highest in S36 under non-stress conditions and both V1 & S13 recorded the same value of potassium (10.25%) under non-stress conditions. Under stress conditions S13 recorded the highest value (1.66%) closely followed by RC2 (1.63 %). Highest proline content was recorded in V1 (797.50 µg/g) under non-stress conditions followed by RC2 and S36 (652.50 µg/g). Under stress conditions, AR11 recorded the highest proline content (978.75µg/g) followed by S13 (870.01 µg/g) and Local (761.25µg/g). All the three parameters of Osmotic constituents were found to increase under stress conditions. Proline metabolism has been studied by Dalvi *et al.*, (2007) in Sorgham & Chickpea cultivars under water stress conditions. Proline is known to contribute to membrane stability (Hanson & Burnet,1994; Ashraf & Harris, 2004) and accumulation of the same during drought is one of the adaptations in mulberry to water deficit. Song *et al.*, (1992) studied the plasma membrane permeability and free proline content in mulberry leaves

under soil drought condition and observed that with the decrease in soil water the two parameters increased. Free proline increase was to a higher extent compared to that of plasma membrane permeability. A well recognized cellular response to water deficit is accumulation of osmotically active compounds that allow cell to regulate turgor & extract additional water from the soil Morgan, (1980). Naik & Sudhakar, (2008) have reported that water stress results in a significant accumulation of free proline in the leaves of mulberry cultivars for maintenance of turgor. In the present study, it is interesting to note that the two genotypes S36 & V1 which are recommended for irrigated conditions have recorded reduced proline content under stress conditions compared to that of non stress conditions and the reduction in V1 is to a greater extent indicating that V1 & S36 are not suitable for water stress conditions. In all other six genotypes tested, the proline content was found to get accumulated under water stress conditions, the highest quantity being in AR11 followed by S13. Though AR11 has recorded highest proline content the leaf yield under stress conditions is lowest of all.

Table IV. Water relations & other physiological parameters under moisture stress & Non-stress conditions.

Tableau IV. Relations entre l'eau et les autres paramètres physiologiques dans des conditions avec et sans stress en eau.

SL No.	Genotypes	Relative water Content (%)		Water Potential Mpa		Cell membrane stability (%)
		Non- stress	stress	Non- stress	stress	
No. d'ordre		Teneur relative en eau (%)		Potentiel en eau Mpa		Stabilité de la membrane cellulaire (%)
		Sans stress	Avec stress	Sans stress	Avec stress	
1	RC1	92.51	77.06	- 1.19	- 3.79	41.20
2	RC2	90.93	79.33	- 1.99	- 2.92	45.90
3	MR2	91.56	76.55	- 2.08	- 3.59	41.37
4	AR11	89.71	72.38	- 2.16	- 2.61	40.36
5	S36	91.86	68.06	- 2.13	- 3.79	37.98
6	V1	92.62	84.74	- 1.90	- 2.74	46.80
7	Local	90.98	73.21	- 1.78	- 2.67	55.30
8	S13	92.72	84.67	- 2.19	- 2.59	51.90
	CD at 5%	1.14	1.02	0.58	0.34	2.13

Relative Water Content was highest in S13 (92.72%) closely followed by V1 (92.62%) and RC1 (92.51%) under nonstress conditions. Under stress conditions also S13 has recorded the highest value (84.35%) followed by RC2 (83.77%). Water potential was highest (- 2.19Mpa) in S13 followed by AR11 (- 2.16Mpa) under non-stress conditions. Under stress conditions water potential was highest

both in RC1 and S-36 (-3.79Mpa) followed by MR2 (-3.57Mpa). Chlorophyll stability was highest in Local (87.99%) followed by S13 (51.90%). Local variety also recorded higher value for Fluorescence stability index (86.35%) followed by AR-11 (83.45%) & S-13 (82.01%).

Lower amount of chlorophyll degradation is an indication of water stress tolerance. Annamalaiathan *et al.*, (2006) while studying the chloroplast factors responsible for drought tolerance in rubber plants observed the decrease in chlorophyll content in leaves under drought conditions. Measurement of Chlorophyll fluorescence offers an indirect method to evaluate the photosynthetic performance of the plants. Dorcus & Vivekanandan, (1997) studied eight mulberry genotypes for drought resistance potential by withholding water. They concluded that genotypes maintaining higher leaf water content, nutrients and osmotins under stress conditions produce higher leaf yield. Over production of proline was indicative of positive and significant correlation to injury due to stress and was found to increase in both water deficit susceptible and resistant mulberry genotypes.

In the present study, Chlorophyll stability & Fluorescence stability were high in Local & AR11 but the leaf yield in both the varieties was low. Whereas in S13, maximum number of parameters are in desirable range coupled with high leaf yield under water stress conditions. Jhansilakshmi *et al.*, (2005) studied the Relative Water Content (RWC) in different varieties and concluded that in S13 and S34 higher RWC was recorded even under severe water stress conditions having significant correlation with leaf yield and concluded that RWC can be a reliable physiological parameter for screening drought tolerant genotypes.

Seasonal changes in metabolic activities of drought tolerant and susceptible clones of Tea (*Camellia sinensis* L) were studied by Burman *et al.*, (2008). Adaptive advantages of morphological anatomical and physiological features for drought resistance have been studied in many other plants like tobacco Cocoa (Balasimha *et al.*, 2008). Difference in dehydration tolerance could be attributed to the morphological and anatomical adaptations of leaves coupled with a higher metabolic activity for moisture conservation.

Balasimha *et al.*, (2008) have evaluated the drought tolerant hybrid lines of Cocoa and found that net photosynthesis and leaf chlorophyll did not vary significantly while transpiration recorded variation. On the other hand higher water potential was recorded. Shalini *et al.*, (2008) have studied the water relations in transgenic mulberry under drought stress conditions and have reported that maintenance of high plant water status expressed as RWC is an indication of drought tolerance.

Leaf water potential was identified as one of the parameters for identification of drought tolerant genotypes in Coconut (Kasthuribai *et al.*, 2006). Ramanjulu and Sudhakar, (2000) reported that the tolerant mulberry genotypes have a higher metabolic activity under water stress conditions leading to greater accumulation of proline. The ability of plants to maintain leaf turgour by osmotic adjustment is an important adaptation to moisture stress Muruagan, (1984). Awati *et al.*, (2006) while studying physiological parameters and membrane stability in coffee concluded that more reduction in RWC caused higher percentage of injury coupled with high leaf temperature indicating the susceptibility to drought and high RWC, less injury index and less reduction in net photosynthesis during water stress period which could be used as parameters for screening of coffee genotypes for stress tolerance. The results of the present study also indicate that the RWC is higher in genotypes showing resistance to drought by way of stress resistance characters. In the present study, variety S13 has recorded higher values in maximum number of parameters coupled with high leaf yield under stress conditions. Though Local has recorded higher values next to S13 in some of the parameters, the leaf yield recorded under stress conditions is low.

The present study has indicated that Drought Susceptibility Index, Drought Tolerance Index, potassium content, total soluble sugars, RWC & proline accumulation along with leaf yield can be used as reliable parameters for screening genotypes / hybrid population for drought resistance in mulberry.

REFERENCES

- ALAM B, R.LAKSHMANAN D.B, NAIR & JACOB. J (2006): Changes in leaf water relation & photosynthetic activity due to drought in mature natural rubber plants grown in North Kerala. J. Plantation crops.34 (3): 625-630.
- ANNAMALAINATHAN K, J.L. HEAZLE WOOD & J.JACOB (2006): Studies on chloroplast factors responsible for drought tolerance in rubber plants (*Hevea brasiliensis*) J. plantation crops. 34(3): 643 - 649.
- ASHRAF M & P.J.C HARRIS (2004) : Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant.Sci. 166:3-16.
- AWATI M.G, G.F.D'SOUZA, N.S.RENUKASWAMY,D. VENKATARAMAN & JAYAMMA (2006) : Physiological parameters to categorize coffee genotypes for drought resistance. J. plantation crops.34(3): 616 -620.
- BALASIMHA D,V. ANIL KUMAR & K.S. ANANDA (2008):Photosynthetic characteristics and yield in Cocoa hybrids. J. Plantation crops.36 (1):8-11.
- BANERJEE R, S.P. CHAKRABORTY & B.K DAS (2006): Morpho-anatomical traits for preliminary screening of mulberry (*Morus* Spp.) genotypes for moisture stress. Indian J. Gen. Pl. breeding. 66(2) : 134- 136.
- BARMAN T.S, U. BARUAH & J.K. SAIKIA (2008) : Seasonal changes in metabolic activities of drought tolerance & susceptible clones of tea (*Camellia sinensis* L). J. plantation crops.36(3): 259 -264.
- BATES L.S, R.P WALDREN & I.D TEARE (1973):Rapid determination of free proline for water stress studies, Plant and soil, 39:205-208.
- DALVI V.S,U.D. CHAVAN, D.P.KACHARE & R.M.NAIK (2007) : Proline metabolism in Sorghum & Chick pea cultivars during water stress. Indian J. Pl. Physiol. 12 (3): 287-289.
- DAS B.K, S. CHATTOPDHYAY, A.K. MISRA, C. DAS & M.M.AHSAN (1995): Evaluation of gas exchange parameters in some mulberry genotypes. Sericologia 35(4) : 703 – 707.
- DORCUS & M. VIVEKANANDAN (1997): Exploitation of mulberry genotypes for drought resistance potential. J. Seric. Sci. Japan.66(2) 71-80.
- DUBIOUS N.K, GILLER K.A., HAMILTON K, KELERS P. A & SMITH. F (1956): Calorimetric method for determination of sugars and related substances. Ann . Chem.28:350-356.
- FICHSER K.S & G. WOOD (1981): Breeding and selection for drought tolerance in tropical maize. In Proc. Symp. on principles and methods in crop improvement for drought resistance with emphasis on Rice. IRRI, Philippines.23rd–25th May,1981.
- FICHSER R.A. & R. MAURER (1978): Drought resistance in spring wheat cultivars I.Grain yield responses. Aust. J. Agri.Res.30.801.
- HAJRA N.G (2002) : Physiology of tea productivity. J. Plantation crops.30 (3):1-12.
- HANSON A.D. & M. BURNET (1994): Evolution and metabolic engineering of osmo protectant accumulation in higher plants . Biochemical & cellular mechanism of stress tolerance in plants. In cell Biology Ed. Cherry J.H, NATO ASI series. H. Springer, Berlin. 291- 302.
- JACKSON M.L(1962): Soil chemical analysis. Asia Publishing house. First edition. 111-133.
- JHANSILAKSHMI K, D. KILHAR, J. KODANDARAMAIAH & V.R.MALA (2005):Relative water content as important physiological trait for moisture stress tolerance in mulberry. National Seminar on Scenario of sericulture in India, 25th–26th March, 2005, DOS, S. P. Mahila visvavidyalayam, Thirupathi, AP. India.
- KARMER P.J (1983):Water deficits and plant growth. Water relations of plants.24:342-389.
- KASTHURIBAI K.V, V. RAJAGOPAL. V. ARUNACHALAM (2006): Assessment of diversity in coconut varieties for drought responsive physiological traits. J. plantation crops.34(2) :118-120.
- MOGILI T, S.K, JALAJA, O.F. CARDENAS & A. SARKAR (1992) :Index score analysis of anatomical and root characters associated with drought resistance in mulberry germplasm collection. National Conference on Mulberry Sericulture Research. 10th- 11th Dec.1992, CSRTI, Mysore.P.15.

- MORGAN J.M (1991): Osmotic adjustments in spikelets and leaves of wheat. *Aust.J.Pl.Physiol.*18 :249-257.
- RAMANJULU, S & SUDHAKAR, C (2000) : Proline metabolism during dehydration in two mulberry genotypes with contrasting drought tolerance. *J. Plant Physiol.*157:81-85.
- SHALINI L, V. GULYANI & P.KHURANA (2008): Over expression of HVA1 gene from Barley generates tolerance to salinity and water stress in transgenic mulberry (*Morus indica*) *Transgenic Res.*17.651-663.
- SIKDARR A.K, M.S.JOLLY, B.N. SUSHEELAMMA & M.R. SUBRAMANYAM (1983): Evaluation of morpho-physiological parameters associated with drought resistance in mulberry. National Seminar on Silk Research & Development, Bangalore, 10th- 13th March, 1992, P-1.
- SINGHAL B.K, S. CHAKRABORTHY, V.R. MALA A.SARKAR & R.K. DATTA (2000) – Photosynthesis – An important physiological parameter for screening of mulberry (*Morus Spp.*) germplasm. National workshop on Sericulture Germplasm for posterity.26th – 27th July,2000, CSGRC, Hosur.
- SONG H.S, J.F.XU & Z.I. ZHAO (1992): Effect of drought on the permeability of plasma membrane & proline accumulation of mulberry tree. *Canue Kexue* 18 (2) : 65-70.
- SUMMIS & JERIGAN (1992) : Crop water stress index of ornamental plants. *Applied Engineering in Agriculture(USA)* 8(2): 191-195.
- SUSHEELAMMA B.N & M.S. JOLLY (1986) : Evaluation of morpho- physiological parameters associated with drought resistance in mulberry. *Indian J. Seric.* 25 (1) 6-14.
- SUSHEELAMMA B.N, J. S. KUMAR, T.MOGILI, K.SENGUPTA, M.N. PADMA & N. SURYANARAYANA (1992):Evaluation of techniques for screening for drought resistance in mulberry. *Sericologia* 32(4) :607-617.
- SUSHEELAMMA B.N, M.S. JOLLY, K. GIRIDHAR & K. SENGUPTA (1990) : Evaluation of germplasm genotypes for drought resistance in mulberry. *Sericologia* 30 (3) : 327-346.
- THIMMA NAIK & C. SUDHAKAR (2008): Effect of GA3 with proline metabolism during dehydration in three mulberry (*Morus alba* L.) genotypes under water stress.

IDENTIFICATION DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES ASSOCIES AVEC LA RESISTANCE A LA SECHERESSE POUR FACILITER LE PROCESSUS D'EVALUATION DANS LA SELECTION DU MURIER

MALA V. RAJAN, M. G. SABITHA, K. JHANSILAKSHMI & S. B. DANDIN¹

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

1. Vice-Chancellor, Horticulture University, Bagalkote, Karnataka, Inde.

Le mûrier (Morus spp) est cultivé à la fois dans des conditions d'irrigation et sans irrigation. Comme l'eau est le premier facteur limitant la production de feuilles de mûrier de qualité, la croissance et le développement de la culture sont très atteints dans des environnements de stress en eau. Cette étude a été entreprise pour identifier les paramètres physiologiques clés associés avec la résistance à la sécheresse en étudiant plusieurs paramètres chez 8 génotypes de mûrier à la fois dans des conditions de stress en eau et sans stress en eau. Sur les huit variétés testées, S13 s'avère enregistrer les valeurs les plus élevées pour le nombre maximum de paramètres liés à la tolérance à la sécheresse et présente une efficacité élevée de tolérance à la sécheresse. Cette étude indique que les paramètres physiologiques, c'est-à-dire la teneur relative en eau, la conductance stomatique, la stabilité de la membrane cellulaire et l'efficacité élevée de tolérance à la sécheresse peuvent être utilisés comme des paramètres fiables dans le processus de sélection du mûrier pour isoler des génotypes résistants à la sécheresse.

INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus spp.*) est une espèce pérenne, cultivée comme plante à feuillage dans des conditions d'irrigation ou sans irrigation pour la production de soie par l'élevage du ver à soie *Bombyx mori* L. Récemment, en raison du recul des nappes aquifères et de la diminution des précipitations qui sont irrégulières dans le sud de l'Inde, les recherches sur la mise au point de variétés de mûrier adaptées aux conditions de stress ont pris de l'importance.

Une variété tolérante la sécheresse est une variété qui donne le rendement foliaire le plus élevé quand tous les génotypes sont exposés au même niveau de stress en eau. La meilleure performance d'une variété au stress en eau pourrait être le résultat de sa physiologie d'adaptation au stress et de la constitution structurale de sa feuille pour soutenir efficacement le stress en eau de la plante. Bien que quelques génotypes aient été identifiés pour la culture dans des conditions de stress en eau de par les caractéristiques morphologiques et anatomiques, les caractéristiques physiologiques d'une plante qui contribuent à son adaptabilité ne sont pas clairement définies et l'identification de ces caractères offre d'immenses applications pour évaluer les hybrides et mettre au point des génotypes de mûrier dans des conditions de stress en eau.

Puisque l'eau est le principal facteur limitant la production de feuille de mûrier de qualité, les processus associés avec la croissance et le développement des cultures, seront gravement affectés. La plupart des processus physiologiques et biochimiques associés avec la croissance et le développement des cultures sont affectés par le manque d'eau. Bien qu'on ait quelque peu réussi à mettre au point quelques variétés pour les conditions de stress en eau (Susheelamma et coll., 1989 et 1992), les études

sur l'identification des paramètres physiologiques clés pour évaluer les génotypes de mûrier dans la sélection de la résistance à la sécheresse sont rares. Cette étude a été entreprise pour identifier les paramètres physiologiques clés associés avec la résistance à la sécheresse pour faciliter le processus d'évaluation dans la sélection du mûrier.

MATERIELS ET METHODES

On cultive huit génotypes de mûrier, c'est-à-dire RC1, RC2, MR2, Local, S13, AR-11, V1 et S36 avec trois répétitions selon une conception aléatoire en blocs dans des conditions de stress et sans stress en eau (50 % d'eau d'après les valeurs d'un évapo-mètre à bac). On enregistre les données le 70^{ème} jour de chaque cycle de culture pour les paramètres suivants.

⇒ Paramètres de croissance et de rendement :

Longueur totale de la pousse et rendement foliaire / plante.

⇒ Paramètres de tolérance à la sécheresse :

Indice de Stress Hauteur de la Plante (PHSI):

Les valeurs sont calculées d'après la longueur totale de la pousse dans des conditions de stress et sans stress.

Indice de Sensibilité à la Sécheresse (DSI) : Calculé d'après la formule suggérée par Fischer & Maurer (1978).

Efficacité de Tolérance à la Sécheresse (DTE) : Calculée d'après la formule suggérée par Fischer & Wood (1981).

⇒ Paramètres d'échange de gaz :

Taux photosynthétique : enregistré avec un système photosynthétique portable LICOR (modèle LI-6200).

Taux de transpiration & conductance stomatique : enregistré avec un lecteur de porométrie (modèle : LI-1600-LICOR).

⇒ Constituants osmotiques :

Teneur totale en sucres solubles : enregistrée avec la méthode calorimétrique d'après la suggestion de Dubois et coll., (1956)

Teneur en potassium : enregistrée avec la méthode photométrique de flamme d'après la suggestion de Jackson (1962)

Teneur en proline : enregistrée avec la méthode calorimétrique d'après la suggestion de Bates et coll., (1973).

⇒ Paramètres de relation avec l'eau :

Teneur relative en eau : enregistrée d'après la formule suggérée par Kramer (1983)

Potentiel en eau : enregistré en utilisant un Potentiomètre à point de rosée (WP-4)

Indice de stabilité de la membrane cellulaire : enregistré en utilisant un EC mètre.

Indice de stabilité de la chlorophylle.

Indice de stabilité de la fluorescence.

On enregistre les données pendant trois ans pour 15 récoltes couvrant les trois saisons et on analyse leur signification de manière statistique.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données associées aux différents paramètres sont présentées dans les Tableaux I à IV. On enregistre des différences significatives entre les génotypes pour tous les paramètres étudiés. On enregistre le rendement foliaire maximum de 868,8 g / plant chez V1, suivie par RC1 (830 g / plant) dans des conditions sans stress. Dans des conditions de stress, S13 enregistre le rendement foliaire le plus élevé (275,3 g / plant), suivie par V1 (216,8 g / plant). Le rendement foliaire est le plus faible chez Local (587,58 / plant) dans des conditions sans stress. AR11 et MR2 donnent le rendement foliaire le plus faible (99,5 g / plant) dans des conditions de stress. La longueur totale de la pousse est la plus importante chez AR11 (2490 cm) dans des conditions sans stress suivie par RC2 (1985 cm). Dans des conditions de stress, on enregistre la valeur la plus élevée de 1241 cm chez S-13, suivie par Local (1165 cm). L'indice de stress hauteur de la plante (PHSI) est aussi le plus élevé chez S13 (0,652), suivie par Local (0,632).

La diminution du rendement foliaire est minimum (61,03 %) chez S-13 par comparaison aux autres génotypes testés avec l'efficacité de tolérance à la sécheresse la plus élevée (38,97 %) dans des conditions de stress. Sikdar et coll., (1983), Susheelamma et Jolly, (1986), Susheelamma et coll., (1998 ; 1990 ; 1992) ont étudié les germoplasmes de mûrier par rapport aux paramètres morpho-physiologiques principalement les caractères anatomiques et ont observé des variations considérables. Mogali et coll., (1992) ont analysé les caractères anatomiques et les caractères de la racine associés avec la résistance à la sécheresse chez le mûrier par l'indice de points. Benarjee et coll., (2006) ont étudié les caractères morpho-anatomiques pour l'évaluation préliminaire des génotypes de mûrier par rapport au stress en eau avec une technique commune d'évaluation.

Des études similaires sur les paramètres de croissance et de rendement ont été réalisées chez d'autres cultures pérennes, c'est-à-dire le thé, Hajra, (2002) et on a observé une baisse significative du taux de croissance pendant la période de stress en eau.

Le DSI est le plus faible (0,774) chez S13, suivie par Local (0,927) et RC2 (0,947) et le plus élevé chez RC-1 (1,097). Le DTE est le plus élevé chez S13 (38,97), suivie par Local (26,89) et RC2 (25,34).

Le taux photosynthétique dans des conditions sans stress est le plus élevé chez RC1 ($28,21 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$), suivie par RC2 ($26,52 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$) et V1 ($25,28 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$). Dans des conditions de stress, RC1 enregistre la valeur la plus élevée ($8,55 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$), suivie par S13 ($7,58 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$) et V1 ($7,18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{SO}_1$). Le taux de transpiration est le plus élevé ($4,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) chez RC2 dans des conditions sans stress étroitement suivie par MR2 ($4,58 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) et RC1 ($2,30 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$). Dans des conditions de stress, le taux de transpiration est le plus élevé chez RC1 ($2,306 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) suivie par AR11 ($1,65 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) et V1 ($1,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$). Dans des conditions sans stress, la conductance stomatique est la plus élevée chez MR2 ($256 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) suivie par V1 ($228 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) et RC1 ($214 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) dans des conditions de stress aussi, la conductance stomatique est la plus élevée chez RC2 ($57 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$), suivie par V1 ($38 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$) et RC1 ($32 \text{ mmol m}^{-2} \text{sol}$).

On considère la photosynthèse comme un paramètre important pour évaluer les germoplasmes de mûrier (Singhal et coll., 2000). Les paramètres physiologiques ont été étudiés par Hajra, (2002) chez le thé et on a observé une diminution de la photosynthèse, qui à son tour a affecté la croissance et le rendement. Alam et coll., (2006) ont étudié l'activité photosynthétique chez *Hevia brasiliensis* et une diminution significative de l'activité photochimique et une augmentation des dégâts d'oxydation ont été signalées pendant la sécheresse.

Summis et Jerigan, (1992) dans leur étude sur l'indice de stress en eau des cultures chez les plantes ornementales ont calculé la respiration relative en utilisant l'alfalfa comme étalon et le mûrier a enregistré une transpiration relative de 0,42. Das et coll., (1995) ont évalué les paramètres d'échange de gaz chez cinq génotypes de mûrier et signalé que le taux photosynthétique net varie considérablement et est positivement corrélé avec la résistance stomatique. Barman et coll., (2008)

ont étudié les changements saisonniers des activités métaboliques des clones de thé (*Camellia sinensis* L.) tolérants et sensibles à la sécheresse. Les résultats de notre étude sont en accord avec les rapports ci-dessus. La diminution du taux de photosynthèse se reflète sur le pourcentage de diminution du rendement chez tous les génotypes et on observe la diminution du rendement en feuilles la plus élevée chez MR2, suivie par AR11.

La teneur totale en sucres solubles est la plus élevée chez V1 (92,30 mg / g) dans des conditions sans stress, suivie par Local (90,61 mg / g) et S13 (84,10 mg / g). Dans des conditions de stress, S13 enregistre la valeur la plus élevée (90,88 mg / g), suivie par RC2 (88,84 mg/g) et AR11 (86,10 mg/g). La teneur totale en sucres solubles a augmenté chez tous les génotypes dans des conditions de stress sauf chez V1 et S36 qui sont exclusivement des variétés irriguées, ce qui indique qu'une teneur totale élevée en sucres solubles peut être prise comme un paramètre fiable pour l'évaluation de la résistance à la sécheresse. La teneur en potassium est la plus élevée chez S36 dans des conditions sans stress et V1 et S13 enregistrent tous les deux la même valeur de potassium (10,25 %) dans des conditions sans stress. Dans des conditions de stress S13 enregistre la valeur la plus élevée (1,66 %), étroitement suivie par RC2 (1,63 %). On enregistre la teneur en proline la plus élevée chez V1 (797,50 µg / g) dans des conditions sans stress suivie par RC2 et S36 (652,50 µg / g). Dans des conditions de stress, AR11 enregistre la teneur en proline la plus élevée (978,75 µg/g) suivie par S13 (870,01 µg/g) et Local (761,25 µg/g). Les trois paramètres des constituants osmotiques s'avèrent augmenter dans des conditions de stress. Le métabolisme de la proline a été étudié par Dalvi et coll., (2007) chez les cultivars du sorgho et du pois chiche dans des conditions de stress en eau. On sait que la proline contribue à la stabilité de la membrane (Hanson et Burnet, 1994 ; Ashraf et Harris, 2004) et son accumulation pendant la sécheresse est l'une des adaptations du mûrier au manque d'eau. Song et coll., (1992) ont étudié la perméabilité de la membrane plasmique et la teneur en proline libre dans les feuilles de mûrier dans des conditions de sécheresse du sol et observé qu'avec la baisse de l'eau du sol, les deux paramètres augmentent. On compare l'augmentation de la proline libre dans une plus large mesure avec celle de la perméabilité de la membrane plasmique. Une réponse cellulaire bien connue au déficit en eau est l'accumulation de composés osmotiquement actifs qui permettent à la cellule de réguler la turgescence et d'extraire de l'eau supplémentaire du sol (Morgan, 1980). Naik & Sudhaker, (2008) ont rapporté que le stress en eau entraîne une accumulation significative de proline libre dans les feuilles des cultivars de mûrier pour le maintien de la turgescence. Dans cette étude, il est intéressant de constater que les deux génotypes S36 et V1 qui sont recommandés pour les conditions irriguées ont enregistré une diminution de la teneur en proline dans des conditions de stress, par comparaison aux conditions sans stress, et la diminution chez V1 indique dans une plus large mesure que V1 et S36 ne sont pas adaptés aux conditions de stress en eau. Chez les six autres génotypes testés, la teneur en proline s'accumule dans des conditions de stress en eau, on en trouve la quantité la plus importante chez AR11, suivie par S13. Bien qu'AR11 ait enregistré la teneur la plus élevée en proline, son rendement foliaire dans des conditions de stress est le plus faible de tous.

La teneur relative en eau est la plus élevée chez S13 (92,72 %), étroitement suivie par V1 (92,62 %) et RC1 (92,51 %) dans des conditions sans stress. Dans des conditions de stress, S13 enregistre aussi la valeur la plus élevée (84,35 %) suivie par RC2 (83,77 %). Le potentiel en eau est le plus élevé (- 2,19 Mpa) chez S13, suivie par AR11 (- 2,16 Mpa) dans des conditions sans stress. Dans des conditions de stress, le potentiel en eau est le plus élevé à la fois chez RC1 et S-36 (-3,79 Mpa), suivies par MR2 (- 3,57 Mpa). La stabilité de la chlorophylle est la plus élevée chez Local (87,99 %), suivie par S13 (51,90 %). La variété locale enregistre aussi la valeur la plus élevée pour l'indice de stabilité de la fluorescence (86,35 %), suivie par AR-11 (83,45 %) et S-13 (82,01 %).

La quantité plus faible de dégradation de la chlorophylle est une indication de tolérance au stress en eau. Annamalainatha et coll., (2006), lors de leur étude des facteurs du chloroplaste responsables de la tolérance à la sécheresse chez les hétérozygotes, ont observé la baisse de la teneur en chlorophylle dans les feuilles dans des conditions de sécheresse. La mesure de la fluorescence de la chlorophylle offre

une méthode indirecte pour évaluer la performance photosynthétique des plantes. Dorcus et Vivekandan, (1997) ont étudié huit génotypes de mûrier pour leur potentiel de résistance à la sécheresse par leur rétention de l'eau. Ils ont conclu que les génotypes qui maintiennent une teneur en eau de la feuille, des nutriments et des osmotins plus élevés dans des conditions de stress donnent un rendement foliaire plus élevé. Une surproduction de proline est un indicateur d'une corrélation positive et significative avec les dommages dus au stress et la proline augmente à la fois chez les génotypes sensibles et résistants au déficit en eau.

Dans cette étude, la stabilité de la chlorophylle et la stabilité de la fluorescence sont élevées chez Local et AR11, mais le rendement foliaire chez les deux variétés est faible. Tandis que chez S13, un nombre maximum de paramètres se situent dans une fourchette souhaitable et sont associés avec un rendement foliaire élevé dans des conditions de stress en eau. Jhansilakshmi et coll., (2005) ont étudié la teneur relative en eau (RWC) chez différentes variétés et conclu que chez S13 et S34, on enregistre une RWC plus élevée même dans des conditions sévères de stress et une corrélation significative avec le rendement foliaire et ils ont conclu que la RWC peut être un paramètre physiologique fiable pour évaluer les génotypes tolérant la sécheresse.

Les changements saisonniers des activités métaboliques chez les clones du thé (*Camelia sinensis* L) tolérants et sensibles à la sécheresse ont été étudiés par Burman et coll., (2008). Les avantages adaptatifs des caractères morphologiques, anatomiques et physiologiques pour la résistance à la sécheresse ont été étudiés chez de nombreuses plantes comme le cacao (Balasimha et coll., 2008). La différence de tolérance à la déshydratation pourrait être attribuée aux adaptations morphologiques et anatomiques des feuilles, associées avec une activité métabolique plus élevée pour la conservation de l'eau.

Balasimha et coll., (2008) ont évalué les lignées hybrides du cacao tolérantes à la sécheresse et constaté que la photosynthèse nette et la chlorophylle de la feuille ne varient pas de manière significative, tandis que la transpiration enregistre une variation. D'autre part, on enregistre un potentiel en eau plus élevé. Shalini et coll., (2008) ont étudié les relations avec l'eau chez le mûrier transgénique dans des conditions de stress en eau et ils ont signalé que le maintien d'une forte teneur en eau de la plante exprimé par la RWC, est une indication de tolérance à la sécheresse.

On a identifié le potentiel en eau de la feuille comme l'un des paramètres pour identifier les génotypes tolérant la sécheresse chez le cocotier (Kasthuribai et coll., 2006). Ramanjulu et Sudhakar, (2000) ont signalé que les génotypes de mûrier tolérants ont une activité métabolique plus élevée dans des conditions de stress en eau, qui entraîne une plus grande accumulation de proline. La capacité des plantes à maintenir la turgescence de la feuille par un ajustement osmotique est une adaptation importante au stress en eau (Muruagan, 1984). Awati et coll., (2006) lors de leur étude sur les paramètres physiologiques et la stabilité de la membrane chez le caféier ont conclu qu'une plus grande diminution de la RWC entraîne un pourcentage plus élevé de dommages, associé avec une température élevée de la feuille, qui indiquent la sensibilité à la sécheresse et une RWC élevée, un indice de dommages moins important et une réduction moins importante de la photosynthèse nette pendant la période de stress en eau, pourraient être utilisés comme des paramètres pour évaluer les génotypes de caféier tolérant le stress. Les résultats de cette étude indiquent aussi que la RWC est plus élevée chez les génotypes qui présentent une résistance à la sécheresse grâce aux caractères de résistance au stress. Dans cette étude, la variété S13 enregistre les valeurs les plus élevées pour le nombre maximum de paramètres, associées avec un rendement foliaire élevé dans des conditions de stress. Bien que Local ait enregistré des valeurs plus élevées après S13 pour certains des paramètres, le rendement foliaire enregistré dans des conditions de stress est faible.

Cette étude indique que l'indice de sensibilité à la sécheresse, l'indice de tolérance à la sécheresse, la teneur en potassium, l'ensemble des sucres solubles, la RWC et l'accumulation de proline, de même que le rendement foliaire peuvent être utilisés comme des paramètres fiables pour évaluer les génotypes / la population hybride par rapport à la résistance à la sécheresse chez le mûrier.

EFFECT OF SULPHUR ON YIELD, CATIONIC MICRONUTRIENTS CONTENTS AND UPTAKE BY MULBERRY (*MORUS ALBA* L.)

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

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

*A field experiment was conducted for four years (2005–2009) with mulberry (*Morus alba* L.), variety S₁₆₃₅, as a test crop in Gangetic alluvial soil with four doses of sulphur (0, 20, 30 and 40 kg ha⁻¹ year⁻¹) and two sources (elemental sulphur and ammonium sulphate). Leaf and shoot yield increased significantly upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ application. Application of 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ significantly increased zinc, copper, iron and manganese contents in leaf and shoot. Zinc, copper, iron and manganese uptake of leaf, shoot and biomass increased significantly upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ application.*

Keywords: Sulphur, zinc, copper, iron, manganese, mulberry, yield, content, uptake.

INTRODUCTION

Mulberry, *Morus alba* L., is the primary food plant for the monophagous insect, *Bombyx mori* L. Mulberry is a high biomass producing protein rich foliage plant with deep root system. Area under mulberry cultivation in India is estimated to be 185000 hectares producing about 16245 t of raw silk and the raw silk productivity is only 88 kg ha⁻¹. The declined soil fertility is the main cause of low productivity of the mulberry cultivated lands. Proper management of soil plays a key role in improving mulberry productivity which ultimately enhances the raw silk productivity. But, so far the emphasis has been to supplement the soil with the major nutrients viz. N, P, K and the mulberry requirements for secondary and micronutrients could be met with soil reserve. According to soil test analysis, use of high grade fertilizers, limited recycling of plant residues and gap between the removal and supplementation of secondary and micronutrients have resulted in widespread multiple nutrient deficiencies, specially for S and Zn alongwith other micronutrients. The present study was undertaken to evaluate the effect of sulphur on yield, cationic micronutrients contents and uptake by mulberry in Gangetic alluvial soils of Eastern India.

MATERIALS AND METHODS

An experiment was conducted at Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, West Bengal, India during 2005 to 2009 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 and the plantation was maintained following the recommended package of practices. 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 (elemental sulphur and ammonium sulphate). All the treatments including the control received recommended doses of N, P₂O₅ and K₂O @ 336 : 180 : 112

kg ha⁻¹ year⁻¹, which were applied in five equal split doses along with 20 t FYM 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 1. Initial physicochemical characteristics of experimental soil.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques initiales du sol de l'expérience.

Characteristics	Status	Reference of the analytical methods followed
<i>Caractéristiques</i>	<i>Condition</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 / <i>Carbone organique</i> (g kg ⁻¹)	5.13	Black, 1965
Alkaline KMnO ₄ -N (kg ha ⁻¹) <i>KMnO₄-N alcalin</i> (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
DTPA extractable Zn (mg kg ⁻¹) <i>Zn-DTPA extractible</i> (mg kg ⁻¹)	2.02	Lindsay and Norvell, 1978
DTPA extractable Cu (mg kg ⁻¹) <i>Cu-DTPA extractible</i> (mg kg ⁻¹)	2.38	Lindsay and Norvell, 1978
DTPA extractable Fe (mg kg ⁻¹) <i>Fe-DTPA extractible</i> (mg kg ⁻¹)	7.78	Lindsay and Norvell, 1978
DTPA extractable Mn (mg kg ⁻¹) <i>Mn-DTPA extractible</i> (mg kg ⁻¹)	15.46	Lindsay and Norvell, 1978

Finely ground leaf and shoot samples were digested with di-acid mixture (HNO₃:HClO₄, 9:4) (Saraswat *et al.*, 2005). The digested samples were analyzed for zinc, copper, iron and manganese using Atomic Absorption Spectrophotometer and ultimately the uptake of these nutrients was calculated. Initial and post-harvest soil samples were collected following the principle of "composite soil sampling" (Jackson, 1973) and analyzed as per standard procedures.

Statistical analysis for the three years' pooled data of yield, micronutrients contents and uptake had been done using the two-way ANOVA. Similar statistical analysis had also been done for micronutrients contents of post-harvest soil.

RESULTS AND DISCUSSION

Productivity:

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 II) and the mulberry shoot yield has also showed the same trend.

The increase in 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 favourably 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).

Table II. Effect of sulphur levels and sources on leaf, shoot and biomass yield of mulberry.

Tableau II. Effet des niveaux et des sources de soufre sur le rendement en feuilles, en pousses et en biomasse du mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Leaf yield (t ha ⁻¹ year ⁻¹)	Shoot yield (t ha ⁻¹ year ⁻¹)	Biomass yield (t ha ⁻¹ year ⁻¹)
<i>Niveaux de soufre (kg ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>Rendement foliaire (t ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>Rendement en pousses (t ha⁻¹ an⁻¹)</i>	<i>Rendement en biomasse (t ha⁻¹ an⁻¹)</i>
0	32.36	22.66	55.02
20 (ES)	34.30	24.25	58.55
30 (ES)	35.14	25.19	60.33
40 (ES)	35.94	25.95	61.89
20 (AS)	34.71	24.74	59.45
30 (AS)	35.73	25.46	61.19
40 (AS)	36.34	26.70	63.04
C'D (P = 0.05)	0.67	0.52	1.33
SE (±)	0.084	0.065	0.167

ES = Elemental sulphur / Soufre élémentaire.

AS = Ammonium sulphate / Sulfate d'ammonium.

Zinc content and uptake:

It is explicit from data presented (Table III) that application of sulphur upto 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ significantly increased zinc content in leaf and shoot. Zinc accumulation by leaf, shoot and biomass was significantly increased with increasing rates of sulphur upto 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ (Table IV). The increase in zinc content and uptake by sulphur is due to its influence on physical, chemical and biological properties of soil resulting in change like drop in pH. Due to drop in pH there was an increased availability of native nutrients (Swarup, 1981).

Table III. Effect of sulphur levels and sources on micronutrients contents of leaf and shoot of mulberry.

Tableau III. Effet des niveaux et des sources de soufre sur la teneur en micronutriments de la feuille et de la pousse de mûrier.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Micronutrients contents (mg kg ⁻¹)							
	Leaf				Shoot			
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ année ⁻¹)	Teneur en micronutriments (mg kg ⁻¹)							
	Feuille				Pousse			
	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn
0	17.20	7.80	179.80	47.80	12.50	1.80	33.30	14.50
20 (ES)	18.20	8.10	182.00	48.60	14.10	2.30	51.80	15.40
30 (ES)	19.70	8.70	184.10	49.70	21.40	2.30	55.50	16.10
40 (ES)	21.40	9.00	234.70	53.50	26.90	2.60	82.20	16.10
20 (AS)	15.00	7.70	156.40	48.60	18.30	2.00	35.10	14.20
30 (AS)	18.70	8.40	159.00	50.30	24.30	2.10	41.80	15.90
40 (AS)	20.00	8.70	241.90	53.90	27.00	2.70	62.50	16.10
CD (P=0.05)	1.65	0.76	2.75	1.79	1.68	0.21	2.68	1.43
SE (±)	0.208	0.095	0.346	0.225	0.211	0.027	0.336	0.180

Copper content and uptake:

It is clear from the data presented (Table III) that the addition of sulphur upto 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ significantly increased copper content in leaf and shoot. Uptake of copper by leaf, shoot and biomass increased significantly upto the level of 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ (Table IV). The positive effect of sulphur on copper uptake might be due to more solubilization and mobilization of copper in the presence of sulphate (SO₄²⁻) ions (Dixit and Shukla, 1984).

Iron content and uptake:

It is clear from the data presented (Table III) that addition of sulphur from 20 to 40 kg ha⁻¹ year⁻¹ significantly increased iron content in leaf and shoot. Iron uptake was significantly higher upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ in leaf, shoot and biomass (Table IV). This synergistic effect may be due to the effect of H₂SO₄ formed by oxidation of S in soil and on solubilization of bound iron, which increased iron content and uptake of mulberry (Singh and Ram, 1992).

Manganese content and uptake:

A perusal of data presented in Table III revealed that manganese content in leaf and shoot increased significantly with increasing rates of sulphur upto 40 kg ha⁻¹ year⁻¹. Uptake of manganese by leaf, shoot and biomass increased significantly upto 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹, the maximum uptake was recorded at 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ application (Table IV). The synergistic relationship might be due to the formation of uncharged ion pairs of Mn and SO₄ in the soil solution which resulted in the enhanced uptake of Mn (Singh and Ram, 1992).

Table IV. Effect of sulphur levels and sources on micronutrients uptake by leaf, shoot and biomass of mulberry.*Tableau IV. Effet des niveaux et des sources de soufre sur l'absorption des micronutriments par la feuille, la pousse et la biomasse du mûrier.*

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Micronutrients uptake (g ha ⁻¹)											
	Leaf				Shoot				Biomass			
	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn
<i>Absorption de micronutriments (g ha⁻¹)</i>												
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ année ⁻¹)	Feuille				Pousse				Biomasse			
	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn
0	117.88	53.46	1137.62	327.60	61.99	9.50	165.13	71.90	179.87	63.37	1322.87	399.50
20 (ES)	123.56	54.99	1235.64	329.96	73.07	11.92	268.44	79.81	196.63	66.91	1504.09	409.77
30 (ES)	149.98	64.71	1401.59	378.38	114.39	12.30	296.68	86.07	264.38	77.01	1698.26	464.44
40 (ES)	165.40	69.56	1813.96	413.49	151.01	14.60	461.45	90.38	316.41	84.16	2275.41	503.87
20 (AS)	109.11	56.01	1232.26	353.50	96.58	9.92	185.24	74.94	205.69	65.51	1397.40	428.45
30 (AS)	141.46	63.54	1202.82	380.52	138.93	12.01	238.98	90.90	280.39	75.55	1441.80	471.42
40 (AS)	156.50	68.08	1892.88	421.77	148.00	14.80	342.58	88.25	304.50	82.88	2235.47	510.02
CD (P=0.05)	9.21	4.86	95.53	27.70	6.86	0.70	19.16	4.57	12.85	5.07	102.44	29.05
SE (±)	1.158	0.611	12.007	3.482	0.862	0.088	2.409	0.575	1.616	0.638	12.876	3.652

Table V. Micronutrients status of the post harvest soil.

Tableau V. Teneur en micronutriments dans le sol après la récolte.

Levels of sulphur (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	Available micronutrients contents (mg kg ⁻¹)			
Niveaux de soufre (kg ha ⁻¹ année ⁻¹)	Teneur en micronutriments disponibles (mg kg ⁻¹)			
	Zn	Cu	Fe	Mn
0	1.20	2.17	6.95	15.30
20 (ES)	2.03	2.47	9.32	17.18
30 (ES)	1.45	2.78	8.39	16.29
40 (ES)	1.61	2.50	9.07	16.68
20 (AS)	1.48	2.76	9.08	16.22
30 (AS)	2.64	2.32	8.20	16.53
40 (AS)	3.62	3.02	10.07	17.97
CD (P = 0.05)	NS	NS	NS	NS
SE (±)	0.306	0.206	0.760	0.463

Soil studies:

Available zinc, copper, iron and manganese contents of the post harvest soils did not show any significant change due to graded level of sulphur addition in both the forms (Table V).

CONCLUSION

On the basis of the experimental findings, it is concluded that mulberry leaf and shoot yield increased significantly with the application of 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹. Mulberry grown under the effect of 40 kg S ha⁻¹ year⁻¹ accumulated significantly higher amount of cationic micronutrients like zinc, copper, iron and manganese in leaf and shoot as well as significantly higher uptake of these nutrients was also recorded.

REFERENCES

- 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.
- CHESNIN L., YIEN C. H. (1951) Turbidimetric determination of available sulphur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 15, 149-151
- DIXIT M. L., SHUKLA U. C. (1984) Effect of boron, sulphur and zinc at different phosphorus and moisture levels on yield of mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 32, 186-188
- JACKSON M. L. (1973) *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall of India Pvt. Ltd., New Delhi.
- 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
- LINDSAY W. L., NORVELL W. A. (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42, 421-438
- SARASWAT P. K., TIWARI R. C., AGARWAL H. P., KUMAR SANJAY (2005) Micronutrient status of soils and vegetable crops irrigated with treated sewage water. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 53 (1), 111-115
- SINGH P. N., RAM H. (1992) Effect of phosphorus and sulphur on concentration and uptake of micronutrients in chickpea. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 40, 307-312
- 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

EFFET DU SOUFRE SUR LE RENDEMENT, LA TENEUR ET L'ABSORPTION DES MICRONUTRIMENTS CATIONIQUES PAR LE MURIER (*MORUS ALBA* L.)

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

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

*On a réalisé une expérience sur le terrain pendant quatre ans (2005 – 2009) avec la variété de mûrier (*Morus alba* L.) S₁₆₃₅ comme culture test dans le sol alluvial du Gange avec quatre doses (0, 20, 30 et 40 kg S ha⁻¹ an⁻¹) et deux sources de soufre (soufre élémentaire et sulfate d'ammonium). Le rendement en feuilles et en pousses augmente de manière significative jusqu'à une application de 40 kg S ha⁻¹ an⁻¹. L'application de 40 kg de S ha⁻¹ an⁻¹ augmente significativement la teneur en zinc, en cuivre, en fer et en manganèse dans la feuille et dans la pousse. L'absorption de zinc, de cuivre, de fer et de manganèse par la feuille, par la pousse et par la biomasse augmente de manière significative jusqu'à l'application de 40 kg S ha⁻¹ an⁻¹.*

INTRODUCTION

Le mûrier, *Morus alba* L est la plante hôte primaire de l'insecte monophage, *Bombyx mori* L. Le mûrier est une plante à feuillage produisant beaucoup de biomasse et riche en protéines, avec un système racinaire profond. En Inde, on estime la surface de mûriers cultivés à 185 000 hectares, produisant environ 16 245 t de soie grège et la productivité de la soie grège n'est que de 88 kg ha⁻¹. La baisse de la fertilité du sol est la principale cause de la faible productivité des terres cultivées en mûrier. La gestion correcte du sol joue un rôle clé dans l'amélioration de la productivité du mûrier, qui finalement améliore la productivité en soie grège. Mais, jusqu'à présent, on s'est surtout attaché à compléter le sol avec les principaux nutriments, c'est-à-dire avec N, P, K et les besoins du mûrier en nutriments secondaires et en micronutriments étaient satisfaits avec les réserves du sol. Selon les tests d'analyse du sol, l'utilisation d'engrais de première qualité, le recyclage limité des résidus des plantes et l'écart entre le retrait et l'ajout de nutriments secondaires et de micronutriments a entraîné de larges carences multiples en nutriments surtout en S et en Zn, ainsi que dans les autres micronutriments. Cette étude a été entreprise pour évaluer l'effet du soufre sur le rendement, la teneur et l'absorption des micronutriments cationiques par le mûrier dans les sols alluviaux du Gange dans l'est de l'Inde.

MATERIELS ET METHODES

On a réalisé une expérience au *Central Sericultural Research and Training Institute* de Berhampore dans le Bengale occidental en Inde de 2005 à 2009 avec le mûrier (variété S₁₆₃₅) comme culture test avec un espacement de 60 × 60 cm selon une conception aléatoire en blocs en trois répétitions dans des conditions d'irrigation et en entretenant la plantation selon les pratiques recommandées. Les caractéristiques physicochimiques initiales du sol pour l'expérience sont présentées dans le Tableau I.

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

On fait digérer les échantillons de feuilles et de pousses finement moulues avec un mélange di-acide (HNO₃ : HClO₄, 9 : 4) (Saraswat et coll., 2005). On analyse les échantillons digérés en zinc, en cuivre, en fer et en manganèse en utilisant un spectrophotomètre d'absorption atomique et on calcule l'absorption de ces nutriments. On recueille les échantillons initiaux et après la récolte en suivant le principe d'échantillonnage composite du sol (Jackson, 1973) et on les analyse d'après les procédures standard.

On procède à l'analyse statistique pour les données regroupées de trois années et à l'évaluation de la teneur et de l'absorption des nutriments en utilisant une ANOVA à deux facteurs. On réalise aussi une analyse statistique similaire pour la teneur en micronutriments du sol après la récolte.

RESULTATS ET DISCUSSION

Productivité :

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

On pourrait attribuer l'augmentation du rendement à l'implication du soufre dans la formation de la chlorophylle, à l'activation des enzymes, à la synthèse des protéines et à l'activité méristématique (Jat et coll., 2008 Tandon, 1995). De plus, l'amélioration de l'environnement nutritionnel à la suite de l'augmentation de l'apport en soufre pourrait avoir influencé de manière favorable le métabolisme en hydrates de carbone. L'augmentation du rendement foliaire est due à l'augmentation de la photosynthèse, qui entraîne l'accumulation d'une quantité plus importante d'hydrates de carbone dans la partie végétative de la plante, ce qui finalement améliore la croissance et le rendement foliaire. Les résultats sont en accord avec les résultats de Bansal et coll., (2000).

Teneur et absorption de zinc:

Il est explicite d'après les données présentées (Tableau III) que l'application de soufre jusqu'à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ augmente significativement la teneur en zinc de la feuille et de la pousse. L'accumulation de zinc par la feuille, par la pousse et par la biomasse augmente de manière significative avec l'augmentation des taux de soufre jusqu'à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ (Tableau IV). L'augmentation de la teneur et de l'absorption de zinc grâce au soufre est due à l'influence sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol qui entraîne des changements comme la baisse du pH. En raison de la baisse du pH, il y a une augmentation de la disponibilité en nutriments naturels (Swarup, 1981).

Teneur et absorption de cuivre :

Il est clair d'après les données présentées (Tableau III) que l'ajout de soufre jusqu'à 40 kg ha⁻¹ an⁻¹ augmente significativement la teneur en cuivre dans la feuille et dans la pousse. L'absorption de cuivre par la feuille, par la pousse et par la biomasse augmente significativement jusqu'au niveau de 40 kg de S ha⁻¹ an⁻¹ (Tableau IV). L'effet positif du soufre sur l'absorption de cuivre pourrait être

dû à une solubilisation et à une mobilisation plus importantes du cuivre en la présence d'ions sulfate ($\text{SO}_4^{=}$) (Dixit et Shukla, 1984).

Teneur et absorption en fer :

Il est clair d'après les données présentées (Tableau III) que l'ajout de soufre de 20 à 40 $\text{kg ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ augmente significativement la teneur en fer de la feuille et de la pousse. L'absorption de fer est significativement plus élevée jusqu'à 40 $\text{kg S ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ dans la feuille, la pousse et la biomasse (Tableau IV). Cet effet synergétique pourrait être dû à l'effet de la formation d' H_2SO_4 par l'oxydation de S dans le sol et à la solubilisation du fer lié, qui augmente la teneur et l'absorption de fer chez le mûrier (Singh et Ram, 1992).

Teneur et absorption de manganèse :

L'observation des données présentées dans le Tableau III montre que la teneur en manganèse dans la feuille et dans la pousse augmente significativement avec l'augmentation des taux de soufre jusqu'à 40 $\text{kg ha}^{-1} \text{an}^{-1}$. L'absorption de manganèse par la feuille, la pousse et la biomasse augmente significativement avec l'augmentation des taux de soufre jusqu'à 40 $\text{kg ha}^{-1} \text{an}^{-1}$, l'absorption maximum étant enregistrée avec une application de 40 $\text{kg S ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ (Tableau IV). La relation synergétique pourrait être due à la formation de paires d'ions de Mn et de SO_4 non chargés dans le sol qui entraîne l'augmentation de l'absorption de Mn (Singh et Ram, 1992).

Etudes du sol :

La teneur en zinc, en cuivre, en fer et en manganèse disponibles dans les sols après la récolte ne présente pas de changement significatif, sous l'effet d'ajout progressif de soufre sous les deux formes (Tableau V).

CONCLUSION

Sur la base des résultats de l'expérience, on conclut que le rendement en feuilles et en pousses de mûrier augmente de manière significative avec l'application de 40 $\text{kg S ha}^{-1} \text{an}^{-1}$. Le mûrier cultivé sous l'effet de 40 $\text{kg S ha}^{-1} \text{an}^{-1}$ accumule une quantité significativement plus élevée de micronutriments cationiques comme le zinc, le cuivre, le fer et le manganèse dans la feuille et dans la pousse et on enregistre aussi une absorption significativement plus élevée de ces nutriments.

SERI WASTE AS FEED SUBSTITUTE FOR BROILER PRODUCTION

R. KRISHNAN, L. SHERIN, M. MUTHUSWAMI, R. BALAGOPAL & C. JAYANTHI

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

Commercial sericulture activities generate a lot of waste as by-products. Analysis revealed that young age worm rearing waste has more nutrient composition than late age worm rearing waste. Substitution of these wastes in broiler feed increased the body weight gain and feed conversion ratio without any change in the feed intake of broiler chicks. Substitution of 7.5% of late age worm rearing waste has recorded the highest body weight gain. No mortality was observed due to feed substitution as it was non toxic. The dressing percentage was also increased due to feed substitution compared to control. The highest net return percentage of 473.43 with a Benefit Cost Ratio of 1.20 was recorded in the group of broiler fed with the feed substituted with 7.5% late age worm rearing waste.

Keywords: Seri waste, broiler, feed substitution

INTRODUCTION

Sericulture is an agro based industry with immense potential both on economic and social fronts and is a major livelihood of marginal and sub marginal poor farmers. Sericulture also provides opportunity for utilizing the waste and provides an interesting income to the rural poor and marginal farmers. Waste is wealth and nothing goes waste in sericulture. In India one hectare Sericulture farm can generate 12-15 t of waste comprising of silkworm litter, left over leaves, soft twigs and farm weeds annually. Silkworm litter contains 16 percent protein (Sugun Rajiv and Vijaykumar, 1996) as against 5.7 percent in wheat, 13.2 percent in paddy husk and 18.3 percent in wheat bran. In sericulture the wastes are utilized for making compost, biogas production and not for feeding poultry birds and livestock.

Poultry industry has become one of the fastest growing sectors of agro-business in India. Within the poultry industry, broiler population has shown a spectacular growth during last few decades with an annual growth rate of 20 per cent (Chadha, 2005) and it seems to be quite promising as it is yet to be exploited to its fullest potential. The aim of the broiler industry is to decrease production costs with high productivity but the scarcity and increased cost of feed ingredients, especially maize which accounts for more than 80% of the cost of production of egg and broiler have forced the broiler industry to bring in more emphasis on improving the feed consumption efficiency without adversely affecting growth or production performance of broilers. Non availability and steep increase in the price of this most important feed ingredient is threatening the survival of small farmers of broiler production who accounts for 90% of the farms in our country. Hence, there is a need to find an alternative source of feed ingredient to reduce the cost of poultry feed.

Among the feed ingredients used in broiler diet, the protein source alone contributes to about 25% of the total feed cost (Tewary and Subba Rao, 1990). The most abundantly used conventional animal protein source in broiler diet is the fishmeal and in India production of fish meal is not sufficient enough to meet the demand of increasing livestock production. Therefore an alternative source of

protein has to be explored and one of such unconventional protein sources is sericulture waste which can be substituted in poultry feed.

MATERIALS AND METHODS

Experiments were conducted to study the effect of substituting seriwaste in broiler feed at the Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India during June to December 2008. For collection of seriwaste silkworm rearing was carried out with multi × bivoltine cross breed, PM × CSR 2. From the established mulberry garden of V 1 variety, leaves were harvested for both young age rearing and late age worm rearing. After each rearing was over the bed refuse comprising of left over leaves and silkworm excreta were collected, shade dried to bring it to a level of around 17 per cent and ground to powder for analysis and further use as feed substitute. The dried samples were analysed for their moisture, crude protein and fibre and total ash content as per the method of AOAC (2000).

Feed substitution trials were conducted with commercial Vencob broiler breed. Two hundred and ten, one day old chicks belonging to a single hatch, were grouped into seven with three replications in each group and ten birds per replication. Individual feed ingredients were procured locally and experimental pre-starter (0-2 weeks), starter (3-4 weeks) and finisher (5-6 weeks) diets were formulated (NRC, 1994). The ingredient and nutrient composition of broiler diets used in the experiment are furnished in Table 1.

Pre-starter feed was given to the chicks for first 10 days. On eleventh day the chicks were weighed and randomly distributed to the seven experimental groups on the basis of body weight. From 11th day onwards chicks were subjected to seven treatment groups (T₁ to T₇). The experiment was conducted in randomized block design (RBD) and the treatments imposed were as follows:

- | | |
|----------------|--|
| T ₁ | - Feed substitution of late age waste by 2.5% |
| T ₂ | - Feed substitution of late age waste by 5% |
| T ₃ | - Feed substitution of late age waste by 7.5% |
| T ₄ | - Feed substitution of young age waste by 2.5% |
| T ₅ | - Feed substitution of young age waste by 5% |
| T ₆ | - Feed substitution of young age waste by 7.5% |
| T ₇ | - Control |

The broiler chicks were housed in a prepared deep litter pens and reared from day one to forty two days of age. The chicks were fed with weighed quantity of experimental feed and provided water *ad libitum*. The daily feed intake and weekly body weight were recorded. Weight gain, feed conversion ratio, dressing percentage and economics were calculated. Mortality was also recorded during the experimental period.

Feed conversion ratio was measured in terms of feed required to produce one kilogram weight gain in broilers.

$$\text{Feed conversion ratio} = \frac{\text{Total feed consumed (kg)}}{\text{Live weight (kg)}}$$

(Narahari *et al.*, 2000).

Dressing percentage was calculated by using the formula:

$$\text{Dressing percentage} = \frac{\text{Raw meat weight (kg)}}{\text{Live weight (kg)}} \times 100$$

(Narahari *et al.*, 2000).

Gross and net returns were calculated for each treatment considering the prevailing market price of input and produce and expressed in terms of money value or monitor value. Benefit cost ratio (BCR) was worked out for different treatments by using the formula.

$$\text{BCR} = \frac{\text{Gross return}}{\text{Total cost of production}}$$

(Narahari *et al.*, 2000).

The data collected were analyzed to arrive at the Analysis of Variance (ANOVA). Nutrient composition in young and late age wastes was compared by performing T - test (Panse and Sukhatme, 1985).

RESULTS

Nutrient composition in seriwaste:

The nutrient composition especially crude protein (19.88%), fibre (9.55%) and sand & silica (2.62%) was more in young age worm waste when compared to late age waste (15.49, 13.86 and 2.47% crude protein, fibre and sand & silica respectively) while the total ash content was more in late age worm rearing waste (Table II).

Table I. Percent ingredient and nutrient composition (% Dry Matter) of broiler feed.

Tableau I. Pourcentage des ingrédients et composition en nutriments (% de matière sèche) de l'aliment pour les poulets.

Ingredient	Pre-starter mash (0-2 weeks)	Starter mash (3-4 weeks)	Finisher mash (5-6 weeks)
	<i>Mélange pre-démarrage (0 à 2 semaines)</i>	<i>Mélange de démarrage (3 à 4 semaines)</i>	<i>Mélange de finition (5 à 6 semaines)</i>
Maize / Maïs	49.85	50.30	53.45
Soyabean meal / Farine de soja	39.80	37.50	33.10
Rice bran oil / Huile de son de riz	3.20	5.00	6.30
Oil sardine fish meal	5.00	5.00	5.00
Farine à base d'huile de sardines			
Dicalcium phosphate / Phosphate dicalcique	0.95	1.00	0.80
Calcite	1.20	1.20	1.20
Total	100.00	100.00	100.00
Coccidiostat (g)	50.0	50.0	50.0
Choline chloride (50 %) (g)	100.00	100.00	100.00
Chlorure de choline (50 %) (g)			
L-lysine hydrochloride (79 %) (g)	22.00	-	-
Hydrochlorure L-lysine (79 %) (g)			
DL.Methionine (99 %) (g)	244.00	250.30	215.00

Table II. Nutrient composition in young age waste and late age waste.

Tableau II. Composition en nutriments des déchets du premier âge et du dernier âge.

Parameter	Nutrient composition (%)		T – test	
	Young age waste	Late age waste	Calculated value	Table value
Paramètre	Composition en nutriments (%)		Test - T	
	Déchets du premier âge	Déchets du dernier âge	Valeur calculée	Valeur du tableau
Moisture (%) / Eau (%)	18.19	17.01	7.91 *	2.13
Crude protein (%) / Protéines brutes (%)	19.88	15.49	-0.96	2.13
Crude fibre (%) / Fibres brutes (%)	9.55	13.86	-738.82	2.13
Sand and silica (%) / Sable et silice (%)	2.62	2.47	39.55*	2.13
Total ash (%) / Cendres totales (%)	11.44	15.57	-841.4	2.13

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

Effect of substitution on body weight and feed intake:

Effect of substitution of different levels of late age waste and young age waste on broiler weight gain from 0-6 week is presented in Table III. Apparently variation in body weight was observed due to feed substitution and the results were found to be significant also. The highest weight gain (1750 g) was observed in group fed with 7.5 % of late age waste. The groups fed with 5 % of late age waste and 5% of young age waste recorded the second highest weight gain of 1670 g followed by 2.5 % of late age waste (1660g). The lowest weight gain (1560 g) was noticed in group fed with control diet. The quantity of feed remains the same among the treatments as there was no significant difference between feed intake.

Effect on Feed conversion ratio:

The cumulative mean feed conversion ratio of broilers for the period of 0-6 weeks of age are presented in Table III. The over all feed conversion ratio ranges from 1.64 to 1.89. A better feed conversion ratio was observed in all the treatments in comparison with control. The group of broilers fed with 7.5 % of late age waste converted the feed most effectively and recorded a ratio of 1.64 (*i.e.* for every one kilogram of broiler body weight, the quantity of feed required is only 1.64 kg) and stands significantly superior to all other groups. The groups fed with 5 % late age waste and 2.5 % of young age waste recorded feed conversion ratio of 1.77, followed by 1.78 in 2.5 % late age waste which were on par and the group fed with normal diet recorded the highest feed conversion ratio of 1.89.

Table III. Effects of feed substitution on body weight gain, feed intake and feed efficiency in broilers during 0-6 week.

Tableau III. Effet du remplacement de la nourriture sur le gain de poids corporel, la consommation de nourriture et la valeur nutritive chez les poulets de 0 à 6 semaines.

Treatment	Weight gain (g)	Feed intake	FCR
<i>Traitement</i>	<i>Gain de poids (g)</i>	<i>Consommation de nourriture (g)</i>	
T1 - 2.5 % late age waste substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets des derniers âges</i>	1660	2960.00	1.78
T2 - 5.0% late age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets des derniers âges</i>	1670	2959.00	1.77
T3 - 7.5% late age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets des derniers âges</i>	1750	2959.50	1.64
T4 - 2.5% young age waste substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets des premiers âges</i>	1620	2968.00	1.83
T5 - 5.0% young age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets des premiers âges</i>	1670	2959.00	1.77
T6 - 7.5% young age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets des premiers âges</i>	1610	2959.00	1.81
T7- Control / <i>Témoin</i>	1560	2960.00	1.89
S.Ed	7.73	2.76	0.01
CD (0.05)	15.26	NS	0.03

FCR - Feed conversion ratio / *Ratio de conversion de la nourriture*, **NS** - Not significant / *Non significatif*.
Each value is the mean of 30 observations / *Chaque valeur est la moyenne de 30 observations.*

Effect on dressing percentage:

To study the effect of sericulture waste substitution in broiler feed on the dressing percentage, birds were selected from each group and slaughtered. The weight of meat, liver and gizzard weight (per cent live body weight) were recorded and are presented in Table IV. The highest dressing percentages (73.4) was observed in 7.5 % of young age waste followed by 7.5 % late age (73.0) and 5 % of young age waste (73.0) and were on par with each other. But the weight of organs did not show any differences among the experimental groups. The liver weight (per cent live body weight) ranged from 1.80-1.90 and the gizzard weight ranged from 1.69-1.71

Table IV. Effects of feed substitution on carcass characteristics in per cent of live weight in broilers during VI weeks.

Tableau IV. Effets du remplacement de la nourriture sur les caractéristiques de la carcasse en pourcentage de poids vif chez les poulets pendant 6 semaines.

Treatment	Dressing percentage	Liver weight (%)	Gizzard weight (%)
<i>Traitement</i>	<i>Rendement en viande</i>	<i>Poids du foie (%)</i>	<i>Poids du gésier (%)</i>
T1 - 2.5 % late age waste substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets des derniers âges</i>	70.9	1.86	1.69
T2 - 5.0% late age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets des derniers âges</i>	70.4	1.88	1.71
T3 - 7.5% late age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets des derniers âges</i>	73.0	1.90	1.71
T4 - 2.5% young age waste substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets des premiers âges</i>	70.2	1.86	1.69
T5 - 5.0% young age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets des premiers âges</i>	73.0	1.85	1.70
T6 - 7.5% young age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets des premiers âges</i>	73.4	1.84	1.70
T7- Control / Témoin	68.4	1.80	1.69
SEd	0.4	2.94	2.36
CD (0.05)	0.9	NS	NS

NS - Not significant / *Non significatif.*

Each value is mean of 6 observations. / *Chaque valeur est la moyenne de 6 observations.*

Economics of seriwaste substitution:

The economics were worked out for 500 birds in each treatment and are presented in Table V.

Of all the treatments, the group fed with 7.5 % of late age waste recorded the highest net return percentage of 473.43 with the benefit cost ratio of 1.20 while the control group recorded a benefit cost ratio of 1.03 only (Table V).

DISCUSSION

The young age worm waste had more nutrients like crude protein, fiber and sand and silica when compared to late age waste, while the latter had more ash content. Mishra and Dash (1992) reported that silkworm larvae litter contains 8.08 % moisture, 14.78 % crude protein, 2.14 % crude fat and 19.70 % crude fiber.

Feed substitution resulted in significant increase in body weight. The highest weight gain (1750 g) was observed in group fed with 7.5 % of late age waste and the lowest weight gain (1560 g) was noticed in group fed with control diet. These results are in line with the findings of Rajashekargouda *et al.* (2006) who reported that the fortification of poultry feed with different levels of silkworm excreta could significantly enhance the weight of broiler bird. Moreover mortality did not occur due to substitution of sericulture waste. This indicates that sericulture waste is not toxic to poultry birds. Das and Saika (1972) reported that mortality did not increase with silkworm pupae feeding.

Table V. Economics of sericulture waste substitution in broilers feed.

Tableau V. Rentabilité du remplacement de la nourriture de la volaille par des déchets séricicoles.

Treatment	Total cost of production (TCP) (Rs)	Percent reduction in TCP due to feed substitution	Gross return (GR) (Rs)	Increase in GR due to feed substitution	Net returns (Rs)	Percent increase in NR due to feed substitution	Benefit Cost Ratio
Traitement	Coût total de production (TCP) (Rs)	Diminution du TCP en % due au remplacement de la nourriture	Profit brut (GR) (Rs)	Augmentation du GR due au remplacement de la nourriture	Profits nets (Rs)	Augmentation en % du NR due au remplacement de la nourriture	Ratio Bénéfice - Coût
T1 - 2.5 % late age waste substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets du dernier âge</i>	35657	0.123	38975	5.70	3318	182.86	1.09
T2 - 5.0% late age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets du dernier âge</i>	34792	2.55	39500	7.12	4708	301.36	1.14
T3 - 7.5% late age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets du dernier âge</i>	34337	3.82	41075	11.39	6738	474.43	1.20
T4 - 2.5% young age waste Substitution <i>Remplacement par 2,5 % de déchets des premiers âges</i>	35657	0.123	38135	3.42	2478	111.25	1.07
T5 - 5.0% young age waste substitution <i>Remplacement par 5 % de déchets des premiers âges</i>	34792	2.55	38965	5.67	4173	255.75	1.12
T6 - 7.5% young age waste substitution <i>Remplacement par 7,5 % de déchets des premiers âges</i>	34337	3.82	37925	2.85	3588	205.88	1.10
T7 - Control / Témoin	35701	—	36875	—	1173	—	1.03

The overall feed conversion ratio ranged from 1.64 to 1.89. A better feed conversion ratio was observed in all the treatments in comparison with control. The group of broilers fed with 7.5 % of late age waste converted the feed most effectively. This was due to the inclusion of high value protein in the broiler feed. This observation corroborates the reports by Petterson *et al.* (1990) who reported that when high protein diet was supplemented with enzyme the feed conversion ratio was improved than the low protein diet. Better feed conversion ratio at 50 % was also reported by Konwar *et al.* (2008).

The feed substitution enhanced the dressing percentage. But it had no effect on weight of internal organs. Effect of substitution of sericulture waste in broilers enables effective recycling of sericulture waste especially silkworm bed wastes. The whole process is ecologically sound leading to value addition.

Substitution with 7.5 % of late age waste recorded the highest net return percentage of 473.43 with the benefit cost ratio of 1.20. The lower cost of production in sericulture waste supplemented groups of broilers might be due to lower cost of sericulture waste and comparatively better feed conversion ratio. These data are in agreement with the results found by Sheikh and Sapkota (2007) who reported that 100 % silkworm pupae meal supplemented group performed the best in terms of economy.

CONCLUSION

Substitution of seri wastes in broiler feed increased the body weight gain and feed conversion ratio without any change in the feed intake of broiler chicks. Substitution of 7.5% of late age worm rearing waste has recorded the highest body weight gain. No mortality was observed due to feed substitution as it was non toxic. The dressing percentage was also increased due to feed substitution. Feed substituted with 7.5% late age worm rearing waste recorded the highest net return percentage of 473.43 with a Benefit Cost Ratio of 1.20.

REFERENCES

- AOAC (2000) Official methods of Analysis. 17th edition. Gaithersburg, Maryland, USA, AOAC International.
- CHADHA R.C. (2005) Indian feed industry scenario *vis -a- vis* world. Proceedings of XXIII IPSACON, 2-4 February, Hyderabad. pp. 92-109.
- DAS P.C., SAIKIA A. (1972) Utilization of industrial and agricultural by-products in starter ration for meeting amino acid requirement with special reference to SWP of Assam. *Ind. Poult. Rev.* 4: 263-270.
- KONWAR P., KONWAR B.K., AHMED H.F., NATH N.C., GHOSH M.K. (2008) Effect of feed silkworm pupae meal with enzyme supplementation on growth performance of broilers. *Indian Vet. J.* 85: 47-49.
- MISHRA S.C., DASH M.C. (1992). Utility of sericulture waste and by products in Sericulture. *Indian Silk* 31(7): 38-40.
- NARAHARI D., ASHA RAJINI R., PRABAHAR R. (2000) Poultry Economics and Project. New Print & Process. Chennai. p 230.
- NRC (1994) Nutrient Requirement of Poultry. National Research Council. 9th Revised Edn. Washington, DC.
- PANSE U.G., SUKHATME P.V. (1985) Statistical Methods for Agricultural Workers, ICAR Publication, New Delhi. p.327-340.
- PETTERSON D., GRAHAM H., AMAN P. (1990). Enzyme supplementation of high protein diet in broilers. *Anim. Prod.* 57. p.399.
- RAJASHEKHARGOUDA R PATIL, MULLA J.A., GANGA ANKAD, SUNITA KUSUGAL, RAYAR S. G. (2006) Silkworm Excreta: A Potential Animal Source Poultry Feed Supplement.

- Paper Published in Proc. of Int. Workshop on Silk Handcrafts Cottage Industries and Silk Enterprises Development in Africa, Europe, Central Asia and the Near East and Second Executive Meeting of Black, Caspian seas and Central Asia Silk Association, pp. 566-571.
- SHEIKH I.U., SAPCOTA D. (2007) Economy of feeding muga silk worm pupae meal in the diet of broilers. Ind. Vet. J. 84: 722-724.
- SUGUN RAJIV, VIJAY KUMAR (1996) Sericulture by products of China. Indian Silk 34(9):19.
- TEWARY P.K., SUBBA RAO (1990) Mulberry by products and their utilization. Indian Silk. 29(3): 43-44.

REMPLACEMENT DE LA NOURRITURE PAR DES DECHETS SERICICOLES DANS LA PRODUCTION DE POULETS

R. KRISHNAN, L. SHERIN, M. MUTHUSWAMI, R. BALAGOPAL & C. JAYANTHI

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

Les activités séréricoles commerciales génèrent beaucoup de déchets comme produits dérivés. L'analyse révèle que les déchets d'élevage des jeunes vers à soie sont plus riches en nutriments que les déchets des vers à soie du dernier âge. L'utilisation de ces déchets dans la nourriture des poulets augmente le gain de poids corporel et le ratio de conversion de la nourriture, sans aucun changement dans l'absorption de nourriture par les poulets. Le remplacement par 7,5 % de déchets des vers à soie du dernier âge donne le gain de poids corporel le plus élevé. On n'observe pas de mortalité due au remplacement de la nourriture parce qu'elle n'est pas toxique. Le rendement en viande augmente aussi grâce au remplacement de la nourriture par comparaison au témoin. On enregistre le pourcentage de profits nets le plus élevé de 473,43 avec un ratio Coût-Bénéfice de 1,20 dans les groupes de volaille nourris avec une nourriture contenant 7,5 % de déchets d'élevage des vers du dernier âge.

INTRODUCTION

La sérériculture est une industrie agro-alimentaire au potentiel immense à la fois sur le plan économique et social et c'est le gagne-pain principal des fermiers pauvres, marginaux et sous-marginaux. La sérériculture offre aussi des débouchés pour utiliser les déchets et offre des revenus intéressants aux pauvres du secteur rural et aux fermiers marginaux. Les déchets représentent une richesse et rien ne se perd en sérériculture. En Inde, un hectare de ferme séréricole peut générer 12 à 15 tonnes de déchets par an, comprenant la litière du ver à soie, les restes de feuilles, les brindilles tendres et les mauvaises herbes de la ferme. La litière du ver à soie contient 16 % de protéines (Sugun Rajiv et Vijaykumar, 1996) contre 5,7 % pour le blé, 13,2 % pour la paille de riz et 18,3 % pour le son de blé. En sérériculture, on utilise les déchets pour la production de biogaz à partir de compost and non pas pour nourrir la volaille et le bétail.

L'industrie de la volaille est devenue l'un des secteurs de l'agro-alimentaire qui se développe le plus rapidement en Inde. Au sein de l'industrie de la volaille, la population de poulets a crû de manière spectaculaire au cours des dernières décennies, avec un taux de croissance annuel de 20 % (Chadha, 2005) et ce secteur semble être assez prometteur car son potentiel total n'est pas exploité à son maximum. L'objectif de l'industrie des poulets est de diminuer les coûts de production et d'augmenter la productivité, mais la rareté et l'augmentation du coût des ingrédients alimentaires, surtout du maïs qui représente plus de 80 % du coût de production d'un œuf et d'un poulet ont forcé l'industrie de la volaille à chercher à améliorer l'efficacité de consommation de nourriture, sans que cela ait d'effet négatif sur la performance de production de volaille. L'absence et l'augmentation importante du prix de l'ingrédient alimentaire principal menace la survie des petits fermiers impliqués dans la production de volaille, qui représentent 90 % des fermes dans notre pays. Il est donc nécessaire de trouver une source alternative d'ingrédients alimentaires pour diminuer le coût de la nourriture pour la volaille.

Parmi les ingrédients utilisés dans l'alimentation de la volaille, les protéines seules contribuent à environ 25 % du coût total de la nourriture (Tewary et Subba Rao, 1990). Les sources de protéines animales conventionnelles les plus couramment utilisées dans l'alimentation de la volaille sont la farine de poissons et en Inde, la production de farine de poissons n'est pas assez suffisante pour répondre à la demande pour la production de bétail qui augmente. Il faut donc étudier une source alternative de protéines et une de ces sources de protéines non conventionnelles sont les déchets séricicoles qui peuvent être utilisés dans l'alimentation pour la volaille.

MATERIELS ET METHODES

On réalise des expériences pour étudier l'effet du remplacement de la nourriture de la volaille par des déchets séricicoles au Département Séricicole, de l'Université Agricole du Tamil Nadu, à Coimbatore en Inde de Juin à décembre 2008. Pour le recueil des déchets séricicoles, on procède à un élevage du ver à soie avec une lignée poly × bivoltine, PM × CSR2. On recueille les feuilles de la variété de mûrier V1 dans la muraie cultivée, à la fois pour l'élevage des vers à soie du premier âge et du dernier âge. A la fin de chaque élevage, les déchets de litière comprenant les restes de feuilles et les excréments des vers à soie sont recueillis, séchés à l'ombre pour qu'ils atteignent un niveau d'environ 17 % et moulus en poudre pour l'analyse et pour l'utilisation ultérieure comme nourriture de remplacement. On analyse les échantillons séchés par rapport à la teneur en eau, en protéines, en fibres brutes et en cendres totales d'après la méthode d'AOAC (2000).

Les essais de remplacement de la nourriture sont réalisés avec une lignée de poulet commerciale Vencob. On regroupe deux cent dix poulets d'un jour appartenant à une éclosion, par groupes de sept avec trois répétitions dans chaque groupe et dix poulets par répétition. On se procure les ingrédients alimentaires localement et on formule les aliments pour l'expérience : aliment pré-démarrage (0 à 2 semaines), de démarrage (3 à 4 semaines) et de finition (5 à 6 semaines) (NRC, 1994). Les ingrédients et la composition nutritionnelle des aliments pour la volaille sont présentés dans le Tableau I.

On donne l'aliment pré-démarrage aux poulets pendant les dix premiers jours. Le onzième jour, on pèse les poulets et on les distribue de manière aléatoire dans les sept groupes expérimentaux en fonction du poids. A partir du 11^{ème} jour, on soumet les poulets à sept groupes de traitement (T1 à T7). On réalise une expérience selon une conception aléatoire en blocs (RSB) :

T1	Remplacement de l'alimentation par 2,5 % de déchets du dernier âge
T2	Remplacement de l'alimentation par 5 % de déchets du dernier âge
T3	Remplacement de l'alimentation par 7,5 % de déchets du dernier âge
T4	Remplacement de l'alimentation par 2,5 % de déchets des premiers âges
T5	Remplacement de l'alimentation par 5 % de déchets des premiers âges
T6	Remplacement de l'alimentation par 7,5 % de déchets des premiers âges
T7	Témoin

On garde les poulets dans des poulaillers à litière profonde et on les élève du premier jusqu'au 42^{ème} jour. On nourrit les poulets avec la quantité d'aliment pesée prévue pour l'expérience et on leur apporte de l'eau à volonté. On enregistre l'absorption de nourriture quotidienne et le gain de poids hebdomadaire. On calcule le gain de poids, le ratio de conversion de la nourriture, le rendement en viande et la rentabilité. On enregistre aussi la mortalité pendant l'expérience.

On calcule le ratio de conversion de la nourriture en termes de nourriture nécessaire pour produire un gain de poids d'un kilo chez les poulets

$$\text{Ratio de conversion de la nourriture} = \frac{\text{Consommation totale de nourriture (kg)}}{\text{Poids vif (kg)}}$$

(Narahari et coll., 2000).

On calcule le rendement en viande en utilisant la formule

$$\text{Rendement en viande} = \frac{\text{Poids de viande crue (kg)}}{\text{Poids vif (kg)}} \times 100$$

(Narahari et coll., 2000).

On calcule les profits bruts et nets pour chaque traitement en prenant en compte les prix en cours du marché des intrants et des produits et on les exprime en termes de valeur monétaire ou de valeur de contrôle. On calcule le ratio coût – bénéfice (BCR) pour les différents traitements en utilisant la formule

$$\text{BCR} = \frac{\text{Profit brut}}{\text{Coût total de production}}$$

(Narahari et coll., 2000)

On analyse les données recueillies pour en arriver à l'analyse de variance (ANOVA). On compare la composition nutritionnelle des déchets des premiers et du dernier âge en utilisant le test T (Panse et Sukhatme, 1985).

RESULTATS

Composition nutritionnelle des déchets séricicoles :

La teneur en nutriments surtout en protéines (19,88 %), en fibres (9,55 %) en sable et en silice (2,62 %) est plus importante dans les déchets des premiers âges que dans les déchets du dernier âge (respectivement 15,49 ; 13,86 et 2,47 % en protéines brutes, en fibres et en sable et silice) tandis que la teneur totale en cendres est plus importante dans les déchets des vers du dernier âge (Tableau II).

Effet du remplacement sur le gain de poids et l'absorption de nourriture :

L'effet du remplacement avec différents niveaux de déchets du dernier âge et de déchets des premiers âges sur le gain de poids des poulets de 0 à 6 semaines est présenté dans le Tableau III. Apparemment, on observe une variation du gain de poids avec le remplacement de la nourriture et les résultats s'avèrent significatifs. On observe le gain de poids le plus élevé (1750 g) chez le groupe nourri avec 7,5 % de déchets du dernier âge. On enregistre le second gain de poids corporel de 1670 g chez les groupes nourris avec 5 % de déchets du dernier âge et 5 % de déchets des premiers âges, suivi par le groupe nourri avec 2,5 % de déchets du dernier âge (1660g). On observe le gain de poids le plus faible (1560 g) chez le groupe nourri avec l'aliment témoin. La quantité de nourriture reste la même entre les traitements, puisqu'il n'y a pas de différence significative d'absorption de nourriture.

Effet sur le ratio de conversion de la nourriture :

Les ratios moyens cumulatifs de conversion de la nourriture des poulets entre 0 à 6 semaines sont présentés dans le Tableau III. Les ratios totaux de conversion de la nourriture sont compris entre 1,64 et 1,89. On observe un meilleur ratio de conversion de la nourriture chez tous les traitements par comparaison au témoin. Le groupe de poulets nourri avec 7,5 % de déchets du dernier âge convertit la nourriture de la manière la plus efficace et enregistre un ratio de 1,64 (c'est-à-dire pour chaque kilo de poids de volaille, la quantité de nourriture nécessaire est seulement de 1,64 kg) et est supérieur à tous les autres groupes. Les groupes nourris avec 5 % de déchets du dernier âge et 2,5 % de déchets des premiers âges enregistrent un ratio de conversion de la nourriture de 1,77, suivis par 1,78 chez le groupe nourri avec 2,5 % de déchets du dernier âge, qui sont égaux entre eux et le groupe nourri avec un régime normal enregistre le ratio de conversion le plus élevé de 1,89.

Effet sur le rendement en viande :

Pour étudier l'effet du remplacement de la nourriture des poulets par des déchets séricicoles sur le rendement en viande, on sélectionne des poulets dans chaque groupe et on les tue. On enregistre le poids de viande, du foie et du gésier (pourcentage de poids corporel vif) et ils sont présentés dans le Tableau IV. On observe les rendements en viande les plus élevés (73,4) avec 7,5 % de déchets des premiers âges, suivis par 7,5 % de déchets du dernier âge (73,0) et 5 % de déchets des premiers âges (73,0) et ils sont égaux entre eux. Mais, le poids des organes ne présente pas de différence entre les groupes expérimentaux. Le poids du foie (pourcentage par rapport au poids du corps vif) est compris entre 1,80 et 1,90 et le poids du gésier est compris entre 1,69 et 1,71.

Rentabilité du remplacement par des déchets séricicoles :

On calcule la rentabilité pour 500 poulets pour chaque traitement et elle est présentée dans le Tableau V. Sur tous les traitements, les groupes nourris avec 7,5 % de déchets du dernier âge enregistrent le pourcentage de profit net le plus élevé de 473,43, avec un ratio coût – bénéfice de 1,20, tandis que le groupe témoin enregistre un ratio coût – bénéfice de seulement 1,03 (Tableau V).

DISCUSSION

Les déchets des vers des premiers âges ont plus de nutriments comme les protéines, les fibres, le sable et la silice par comparaison aux déchets du dernier âge, tandis que ces derniers ont plus de teneur en cendres. Mishra et Dash (1992) ont signalé que la litière des larves de ver à soie contient 8,08 % d'eau, 14,78 % de protéines brutes, 2,14 % de graisses brutes et 19,70 % de fibres brutes.

Le remplacement de la nourriture entraîne une augmentation significative du poids corporel. On observe le gain de poids le plus élevé chez le groupe nourri avec 7,5 % de déchets du dernier âge et le gain de poids le plus faible (1560 g) chez le groupe nourri avec l'aliment témoin. Ces résultats sont en accord avec les résultats de Rajashekargouda et coll., (2006) qui ont souligné que la fortification de l'aliment pour volaille avec différents niveaux d'excréments du ver à soie peut améliorer le poids d'une volaille de manière significative. Par ailleurs, aucune mortalité ne se produit du fait du remplacement par les déchets séricicoles. Cela indique que les déchets séricicoles ne sont pas toxiques pour la volaille. Das et Saika (1973) ont signalé que la mortalité n'augmente pas avec l'alimentation avec des chrysalides de ver à soie.

Le ratio global de conversion de la nourriture est compris entre 1,64 et 1,89. On observe un meilleur ratio de conversion de la nourriture avec tous les traitements par comparaison au témoin. Le groupe de poulets nourri avec 7,5 % de déchets du dernier âge convertit la nourriture de la manière la plus efficace. Cela est dû à l'incorporation de protéines à valeur élevée à l'alimentation des poulets. Cette observation confirme les rapports de Petterson et coll., (1990), qui ont signalé que quand une alimentation avec une teneur élevée en protéines est complétée avec des enzymes, cela améliore le ratio de conversion de la nourriture plus qu'avec une alimentation hypo-protéinée. Konwar et coll., (2008) ont aussi rapporté un meilleur taux de conversion de 50 %.

Le remplacement de la nourriture améliore le rendement en viande. Mais, il n'a pas d'effet sur le poids des organes internes. L'effet du remplacement par des déchets séricicoles chez les poulets permet un recyclage efficace des déchets séricicoles surtout des déchets de litière. Tout le processus est acceptable du point de vue écologique et génère de la valeur ajoutée.

Le remplacement avec 7,5 % de déchets du dernier âge donne le pourcentage de profits nets le plus élevé de 473,43 % avec un ratio coût – bénéfice de 1,20. Le coût de production plus faible des groupes auxquels on ajoute des déchets séricicoles pourrait être dû au plus faible coût des déchets séricicoles et au ratio de conversion de la nourriture comparativement meilleur. Ces données sont en accord avec les résultats de Sheik et Sapkota (2007), qui ont signalé que le groupe auquel on ajoute 100 % de farine de chrysalide de vers à soie donne les meilleurs résultats sur le plan économique.

CONCLUSION

Le remplacement dans l'alimentation des poulets par des déchets séricicoles augmente le poids corporel et le taux de conversion de la nourriture sans aucun changement d'absorption de la nourriture par les poulets. Le remplacement avec 7,5 % de déchet d'élevage du dernier âge donne le gain de poids corporel le plus élevé. On n'observe pas de mortalité due au remplacement de la nourriture car cela n'est pas toxique. Le rendement en viande augmente aussi avec le remplacement de la nourriture. La nourriture remplacée avec 7,5 % de déchets d'élevage du dernier âge enregistre le pourcentage de profits nets le plus élevé de 473,43, avec un ratio bénéfice- coût de 1,20.

STUDIES ON THE COCOON FILAMENT LENGTH AND FILAMENT DENIER OF TROPICAL TASAR

GAUTAM MITRA & M. A. MOON

Zonal Office, Central Silk Technological Research Institute, Satyam Commercial Complex, Link Road, Bilaspur – 495001, Chhattisgarh, India.

*Basic physical characters like filament length, filament denier and their variation in tropical tasar cocoons have been studied. The ANOVA analysis of the results showed significant variation of filament length in Raily eco race and denier variation of filament between layers of cocoon in both Raily and Daba TV eco race of *Antheraea mylitta* Drury. Knowledge of change in filament denier of different layers within a cocoon would help in controlling quality of silk yarn in reeling.*

Keywords: *Antheraea mylitta* Drury, Filament length, Filament denier, Anova

INTRODUCTION

Silk is obtained from the cocoon formed by sericigenous insect around its body in layers of silk filament. There are four commercially available silk each produced by separate race of silk worms namely *Bombyx mori* for mulberry, *Antheraea mylitta* Drury for tasar, *Antheraea ricini* for eri and *Antheraea assamma* for muga. The quality of silk is largely dependent on the quality of cocoon which in turn is determined by its different physical characters namely shape, size, colour, weight, shell weight, filament length and filament denier. These characters in turn depend on the silk worm race, eco-race and rearing condition. Although uniformity in particular character within an eco-race of a species is rare, *Bombyx mori* which is completely domesticated produces cocoon of comparatively less variable characters than the wild species *Antheraea* in which variation is so wide that even within a lot of an eco-race, the estimation of quality of silk is very difficult. The purpose of this paper is to study and understand the variation of filament length, overall variation in filament denier and variation of filament denier between the layers in cocoon of tropical tasar produced by *Antheraea mylitta* Drury.

MATERIALS AND METHODS

Many eco-races of *Antheraea mylitta* Drury are available in tropical India and each one is popularly known by its local name. Raily and Daba – TV are such eco-races of which Raily is completely wild in nature and available exclusively in Bastar division of Chhattisgarh State whereas Daba – TV has been domesticated and available in all the tropical tasar producing areas. Dry cocoons of both Raily and Daba – TV produced at Bastar region were collected for the study. The cocoon lot of Raily was having cocoons of different sizes of Grey and Yellow colours as has been the natural trend of tropical tasar. Similarly Daba – TV cocoon lot was having cocoons of different sizes in Grey and White colours. In order to study the influence of colour and size on the variation of filament length, overall filament denier and denier variation between the layers of cocoon, the cocoon lots of both varieties were sorted colourwise in two sizes based on visual experience. In the process four groups of Raily lot namely Grey Big, Grey Small, Yellow Big and Yellow Small were made ready for the study while Daba – TV lot was also sorted in four groups namely Grey Big, Grey Small, White

Big and White Small. Each group of cocoon was softened by hydrogen peroxide method of tasar cocoon cooking. The method involved making of a cocoon bundle in a net cloth and then boiling the bundle in a solution of 1% soap and 1% hydrogen peroxide for a period of 45–60 minutes followed by 20–30 minutes steaming in the same solution. The softened cocoons were then soaked on ash bed to remove the solution as much as possible and deflossed by removing the flossy upper layer till the single filament came out. Filament length, layer wise filament denier of outer, middle and inner were determined by Epprouvette and Electronic Balance. Five observations were taken for each group of cocoons and 5 data for filament length, 5 data for filament denier for each layer, 15 data for filament denier and 10 data for difference of denier among the layers were obtained.

RESULTS AND DISCUSSION

The filament length data for both types of cocoons were subjected to ANOVA analysis and the results are given in Tables I & II.

The analysis revealed that significant difference exists in filament length among the four groups of Raily cocoons. It was observed from post hoc analysis that Yellow Big Raily cocoons have significantly longer filament length than other three groups while Grey Big cocoons of Raily have only significantly longer length than Yellow Small group. Otherwise, there was no difference between the length of Grey Big and Grey Small group as well as between Grey Small and Yellow Small group. On the other hand, no significant difference was observed in filament length among the four groups of Daba – TV cocoons.

Table 1. ANOVA analysis for variation of filament length in Raily cocoon.

Tableau I. Analyse ANOVA pour la variation de la longueur du filament chez le cocon Raily.

Group	Average filament length (m)	CV %	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01 %	Remarks
<i>Groupe</i>	<i>Longueur moyenne du filament (m)</i>	<i>CV (%)</i>	<i>Source d'écart et degrés de liberté (dl)</i>	<i>Carré moyen (variance)</i>	<i>Valeur F obtenue</i>	<i>Valeur F critique à 0,01 %</i>	<i>Remarques</i>
Grey big <i>Gros gris</i>	1387.6	2.19	Between – 3 <i>Entre 3</i>	180800	29.46	5.29	Significant <i>Significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	1373.6	7.24	Error – 16 <i>Ecart 16</i>	6138			
Yellow big <i>Gros jaunes</i>	1682.6	6.78					
Yellow small <i>Petits jaunes</i>	1229.4	2.31					

Table II. ANOVA analysis for variation of filament length in Daba - TV cocoon.

Tableau II. Analyse ANOVA pour la variation de la longueur du filament chez le cocon Daba TV.

Group	Average filament length (m)	C.V %	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01%	Remarks
Groupe	Longueur moyenne du filament (m)	C. V. (%)	Source d'écart et degrés de liberté (dl)	Carré moyen (Variance)	Valeur F obtenue	Valeur critique F à 0,01 %	Remarques
Grey big <i>Gros gris</i>	887.6	21.68	Between ~ 3 <i>Entre - 3</i> Error – 16 <i>Ecart 16</i>	5.888	1.853	5.29	Non significant <i>Non significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	797.2	31.18		3.187			
White big <i>Gros blancs</i>	783.8	15.27					
White small <i>Petits blancs</i>	626.4	18.89					

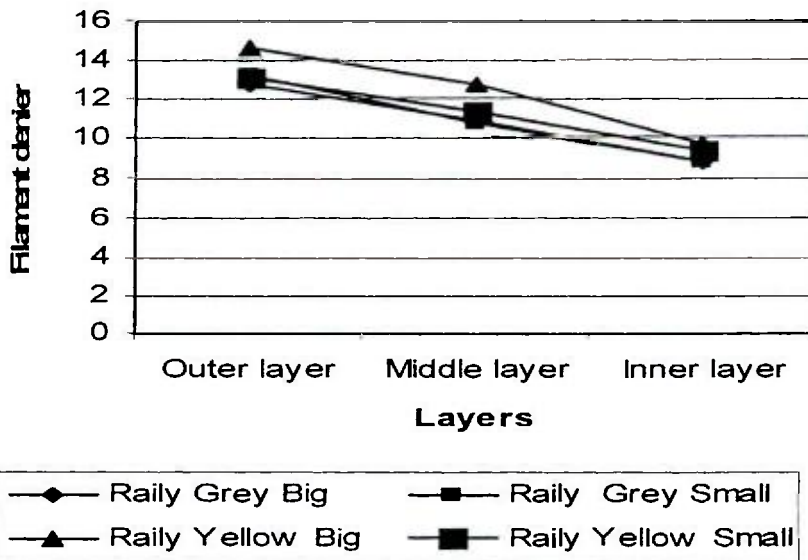


Fig. 1. Filament denier variation in Raily cocoons.

Fig. 1. Variation du titre du filament chez les cocons Raily.

Outer layer / Couche externe. Middle layer / Couche médiane. Inner layer / Couche interne.

Table III. ANOVA analysis for deviation of denier between layers in Raily cocoon.

Tableau III. Analyse ANOVA pour l'écart de titre entre les couches chez le cocon Raily.

Group	Outer layer denier	Middle layer denier	Inner layer denier	Source of error & degree of freedom (df)	Mean squares (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01%	Remarks
Groupe	Titre de la couche externe	Titre de la couche du milieu	Titre de la couche interne	Source d'écart et degrés de liberté (dl)	Carrés moyens (variance)	Valeur F obtenue	Valeur critique F à 0,01 %	Remarques
Grey big <i>Gros gris</i>	12.72 (2.83)	10.88 (3.31)	8.72 (6.19)	Between - 2 <i>Entre 2</i>	18.39	31.86	8.02	Significant <i>Significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	13.16 (4.94)	10.78 (5.57)	8.73 (6.87)	Error - 9 <i>Ecart 9</i>	0.577			
Yellow big <i>Gros jaunes</i>	14.59 (3.36)	12.77 (3.21)	9.65 (2.90)					
Yellow small <i>Petits jaunes</i>	13.12 (4.54)	11.34 (3.09)	9.36 (6.84)					

Table IV. ANOVA analysis for variation of denier in Raily cocoon.

Tableau IV. Analyse ANOVA concernant la variation du titre chez le cocon Raily.

Group	Average filament denier	C.V%	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01%	Remarks
Groupe	Titre moyen du filament	CV (%)	Source d'erreur et degrés de liberté (dl)	Carré moyen (variance)	Valeur F obtenue	Valeur F critique à 0,01 %	Remarques
Grey big <i>Gros gris</i>	10.77	16.15	Between - 3 <i>Entre 3</i>	7.578	2.13	4.15	Non significant <i>Non significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	10.89	17.997	Error - 56 <i>Ecart 56</i>	3.560			
Yellow big <i>Gros jaunes</i>	12.34	17.43					
Yellow small <i>Petits jaunes</i>	11.27	14.81					

Table V. ANOVA analysis for deviation of denier between layers in Daba - TV cocoon.**Tableau V. Analyse ANOVA pour l'écart de titre entre les cocons chez Daba TV.**

Group	Outer layer denier	Middle layer denier	Inner layer denier	Source of error & degree of freedom (df)	Mean squares (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01%	Remarks
Groupe	Titre de la couche externe	Titre de la couche du milieu	Titre de la couche interne	Source d'écart et degrés de liberté (dl)	Carrés moyens (variance)	Valeur F obtenue	Valeur F à 0,01 %	Remarques
Grey big <i>Gros gris</i>	12.84 (4.28)	10.21 (2.74)	8.59 (3.73)	Between - 2 <i>Entre - 2</i>	15.23	29.16	8.02	Significant <i>Significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	10.93 (15.19)	9.20 (18.8)	7.03 (21.62)	Error - 9 <i>Ecart 9</i>	0.52			
White big <i>Gros blancs</i>	11.90 (5.46)	9.97 (6.92)	8.15 (3.07)					
White small <i>Petits blancs</i>	11.002 (10.91)	9.37 (11.85)	7.29 (15.36)					

Table VI. ANOVA analysis for variation of denier in Daba - TV cocoon.**Tableau VI. Analyse ANOVA concernant la variation du titre chez Daba TV.**

Group	Average filament denier	CV %	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01%	Remarks
Groupe	Titre moyen du filament	CV (%)	Source d'écart & degrés de liberté (dl)	Carré moyen (variance)	Valeur F obtenue	Valeur F critique à 0,01 %	Remarques
Grey big <i>Gros gris</i>	10.55	17.54	Between - 3 <i>Entre - 3</i>	7.276	1.962	4.15	Non significant <i>Non significatif</i>
Grey small <i>Petits gris</i>	9.05	24.75	Error - 56 <i>Ecart - 56</i>	3.709			
White big <i>Gros blancs</i>	10.002	16.70					
White small <i>Petits blancs</i>	9.22	20.61					

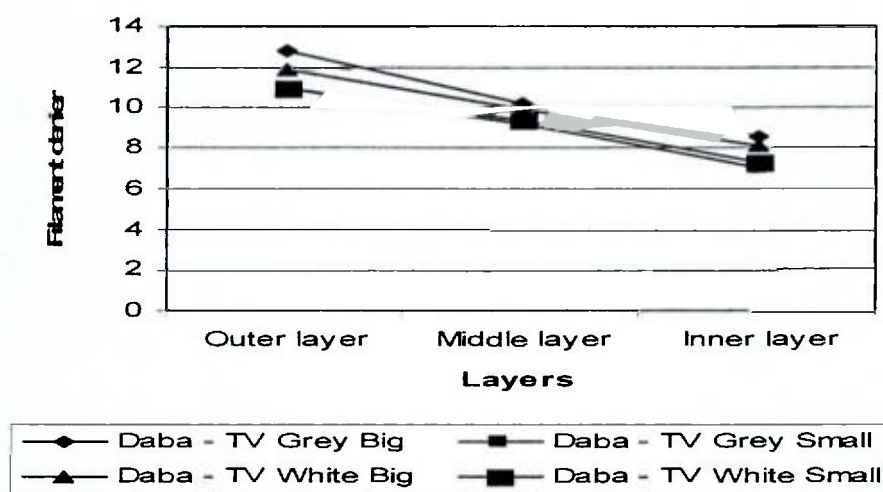


Figure 2. Filament denier variation in Daba - TV cocoons.

Figure 2. Variation du titre du filament chez les cocons Daba - TV.

Outer layer / Couche externe, Middle layer / Couche du milieu, Inner layer / Couche interne.

Table – VII. ANOVA analysis for deviation of denier in layers of Raily cocoon.

Tableau VII. Analyse ANOVA concernant l'écart de titre entre les couches du cocon Raily.

Group	Average deviation of denier between layers	C.V%	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01 %	Remarks
Groupe	Ecart moyen du titre entre les couches	CV (%)	Source d'écart & degrés de liberté (dl)	Carré moyen (variance)	Valeur F obtenue	Valeur F critique à 0,01 %	Remarques
Grey big Gros gris	2.42	32.6	Between - 3	0.7818	1.28	4.38	Non significant Non significatif
Grey small Petits gris	2.41	39.7	Error - 36 Ecart - 36	0.6126			
Yellow big Gros jaunes	2.47	33.12					
Yellow small Petits jaunes	1.88	26.07					

Table – VIII. ANOVA analysis for deviation of denier in layers of Daba - TV cocoon.

Tableau III. Analyse ANOVA concernant l'écart de titre entre les couches du cocon Daba TV.

Group	Average deviation of denier between layers	C.V %	Source of error & degree of freedom (df)	Mean square (Variance)	F value obtained	Critical F value at 0.01	Remarks
Groupe	Ecart moyen du titre entre les couches	C. V. (%)	Source d'écart & degrés de liberté (dl)	Carré moyen (variance)	Valeur F obtenue	Valeur F critique à 0,001	Remarques
Grey big	2.15	32.09	Between – 3	0.148	0.47	4.38	Non significant Non significatif
Gros gris			Entre – 3				
Grey small	1.95	27.69	Error – 36	0.3132			
Petits gris			Ecart – 36				
White big	1.87	26.20					
Gros blancs							
White small	1.92	26.04					
Petits blancs							

The layer wise average denier data of the four groups of both Raily and Daba – TV are graphically presented in figure 1 & 2. It may be seen that denier of filament decreases from outer to middle to inner layer in all the cases of both Raily and Daba – TV cocoons. ANOVA analysis of denier values of three layers of cocoon as well as over all denier values of each group of both Raily and Daba – TV were carried out. The results are given in Table – III & IV and Table – V & VI respectively.

It was observed that decrease in denier from outer layer to middle and then middle to inner layer is significant in all the groups of both Raily and Daba – TV cocoons. However, there is no significant change in the denier values between the groups of both Raily and Daba – TV cocoons. The average deviation of denier between the layers was calculated for each group of both Raily and Daba – TV cocoons and the same were subjected to ANOVA analysis. The analysis results are given in Tables VII and VIII.

It was observed that the deviation of denier between the layers is in the range of 1.88 to 2.47 in Raily cocoons and 1.87 to 2.15 in Daba – TV cocoons. However, there exists no significant difference in the value of denier deviation between the four groups in both Raily and Daba – TV cocoons.

CONCLUSION

The study confirms the concept of wide variability in cocoon characters of tropical tasar cocoon as most of the characters in this study showed higher CV%. It also leads to conclude that the filament denier in tropical tasar cocoon decreases significantly from outer to middle to inner layer and the values of deviation is almost in the range of 1.87 to 2.47 denier in Raily and Daba – TV cocoons. This revelation would certainly help the reelers to minimize denier variation of reeled yarn and improve the quality. The study also establishes that there is no significant variation in the values of deviation of denier among the layers as well as over all denier of cocoons in a lot, irrespective of colour of the cocoon. However, as regards variation of filament length, the study found significant difference between the different colour groups of Raily cocoon, while no such difference was observed in Daba TV cocoons.

ETUDES SUR LA LONGUEUR DU FILAMENT DU COCON ET SUR LE TITRE DU FILAMENT CHEZ LE TASAR TROPICAL

GAUTAM MITRA & M. A. MOON

Zonal Office, Central Silk Technological Research Institute, Satyam Commercial Complex, Link Road, Bilaspur -495001, Chhattisgarh, Inde.

*On a étudié les caractères principaux tels que la longueur du filament, le titre du filament et leur variation chez les cocons du tasar tropical. L'analyse ANOVA des résultats montre une variation significative de la longueur du filament chez l'éco-race Raily et une variation du titre du filament entre les couches du cocon chez les deux écoraces Raily et Daba TV d'*Antheraea mylitta* Drury. Les connaissances sur le changement du titre du filament dans les différentes couches à l'intérieur du cocon permettront de contrôler la qualité du fil de soie au cours du dévidage.*

INTRODUCTION

On obtient la soie à partir du cocon que l'insecte séricigène forme autour de son corps en couches de filament de soie. Il existe quatre types de soies disponibles commercialement produites par des races différentes de vers à soie, à savoir *Bombyx mori* pour le mûrier, *Antheraea mylitta* Drury pour le tasar, *Samia ricini* pour l'éri et *Antheraea assamma* pour le muga. La qualité de la soie dépend en grande partie de la qualité du cocon, qui à son tour est déterminée par ses différents caractères physiques, à savoir sa forme, sa taille, sa couleur, son poids, le poids de sa coque, la longueur du filament et le titre du filament, le titre global du filament et la variation du titre entre les couches du cocon. Ces caractères à leur tour dépendent de la race de ver à soie, de l'éco-race et des conditions d'élevage. Bien que l'uniformité pour un caractère particulier au sein d'une éco-race soit rare, *Bombyx mori* qui est complètement domestiqué produit un cocon aux caractères comparativement moins variables que les espèces sauvages *Antheraea*, chez qui la variation est si étendue que même au sein d'une écorace, il est très difficile d'estimer la qualité de la soie. Le but de cet article est d'étudier et de comprendre la variation de la longueur du filament, la variation totale du titre du filament et la variation du titre du filament entre les couches chez le cocon du tasar tropical produit par *Antheraea mylitta* Drury.

MATERIELS ET METHODES

De nombreuses écoraces d'*Antheraea mylitta* Drury existent en Inde tropicale et chacune d'elles est connue populairement sous son nom local. Raily et Daba – TV sont des éco-races de ce type, Raily est complètement sauvage et présente exclusivement dans le secteur de Bastar dans l'Etat de Chhattisgarh, tandis que Daba – TV a été domestiquée et est présente dans toutes les zones de production du tasar tropical. On a recueilli des cocons secs de Raily et de Daba – TV produits dans la zone de Bastar pour l'étude. Le lot de cocons de Raily comprend des cocons de tailles différentes de couleur grise et jaune, selon la tendance naturelle chez le tasar tropical. De même, le lot de cocons Daba – TV comprend des cocons de tailles différentes de couleur grise et blanche. On a trié les lots de cocons des deux variétés en fonction des couleurs en deux tailles, d'après l'aspect visuel, afin

d'étudier l'influence de la couleur et de la taille sur la variation de la longueur du filament, sur la variation globale du titre et sur la variation du titre en fonction des différentes couches du cocon. Au cours du processus, on distingue quatre groupes chez le lot Raily à savoir les gros cocons gris, les petits cocons gris, les gros cocons jaunes et les petits cocons jaunes, tandis qu'on a aussi trié le lot Daba – TV en quatre groupes, à savoir les gros cocons gris, les petits cocons gris, les gros cocons blancs, et les petits cocons blancs. On amollit chaque groupe de cocons en utilisant la méthode de cuisson des cocons tassar avec de l'eau oxygénée. La méthode consiste à regrouper des cocons dans un tissu de tulle que l'on fait bouillir dans une solution avec 1 % de savon et 1 % d'eau oxygénée pendant une période de 45 à 60 minutes, suivie par 20-30 minutes à la vapeur dans la même solution. Puis on trempe les cocons ramollis sur une couche de cendres pour retirer autant de solution que l'on peut et on les déblaze en retirant la couche supérieure de bourre, jusqu'à ce que le filament unique vienne. On détermine la longueur du filament, le titre du filament en fonction des couches externes, des couches médianes et des couches internes avec une éprouvette et une balance électronique. On procède à cinq observations pour chaque groupe de cocons et on obtient 5 données pour la longueur du filament, 5 données pour le titre du filament pour chaque couche, 15 données pour le titre du filament et 10 données pour la différence de titre entre les couches.

RESULTATS ET DISCUSSION

On soumet les données sur la longueur du filament pour les deux types de cocons à l'ANOVA et les résultats sont présentés dans les Tableaux I et II.

L'analyse révèle qu'il existe une différence significative concernant la longueur du filament entre les quatre groupes de cocons Raily. On observe d'après l'analyse post hoc que les gros cocons jaunes Raily ont un filament significativement plus long que les trois autres groupes, tandis que les gros cocons gris Raily ont un filament seulement significativement plus long que le groupe de petits cocons jaunes. Autrement, il n'y a pas de différence entre la longueur du groupe de gros cocons gris et celle du groupe de petits cocons gris, ainsi qu'entre les petits cocons gris et les petits cocons jaunes. D'autre part, on n'observe pas de différence significative concernant la longueur du filament entre les quatre groupes de cocons Daba – TV.

Les données sur le titre moyen en fonction des couches chez les quatre groupes Raily et Daba – TV sont présentées graphiquement dans les figures 1 et 2. On peut constater que le titre du filament baisse de la couche externe à la couche du milieu et à la couche interne dans tous les cas à la fois chez cocons Raily et Daba – TV. On procède à l'analyse ANOVA concernant les valeurs du titre pour les trois couches du cocon ainsi que pour les valeurs globales du titre pour chaque groupe à la fois chez Raily et Daba – TV. Les résultats sont présentés respectivement dans les Tableaux III et IV et V et VI.

On observe que la diminution du titre de la couche externe à la couche du milieu et ensuite de la couche du milieu à la couche interne est significative chez tous les groupes à la fois chez les cocons Raily et Daba – TV. Cependant, il n'y a pas de changement significatif concernant les valeurs du titre entre les groupes de cocons Raily et Daba – TV. On calcule l'écart moyen de titre entre les couches pour chaque groupe à la fois chez les cocons Raily et Daba – TV et on les soumet à l'analyse ANOVA. Les résultats de l'analyse sont présentés dans les Tableaux VII et VIII.

On observe que l'écart de titre entre les couches se situe dans une fourchette de 1,88 à 2,47 chez les cocons Raily et de 1,87 à 2,15 chez les cocons Daba – TV. Cependant, il n'existe pas de différence significative concernant la valeur pour l'écart de titre entre les quatre groupes à la fois chez les cocons Raily et Daba – TV.

CONCLUSION

L'étude confirme la notion de variabilité importante des caractères du cocon chez le cocon tropical tasar puisque la plupart des caractères dans cette étude présentent un % CV élevé. Cela permet aussi de conclure que le titre du filament chez le cocon tasar tropical baisse significativement de la couche externe à la couche du milieu et à la couche interne et les valeurs sont comprises dans une fourchette de titre entre 1,87 à 2,47 chez les cocons Raily et Daba – TV. Ces observations permettront certainement aux filateurs de minimiser la variation du titre du fil dévidé et d'améliorer la qualité. L'étude a aussi montré qu'il n'y a pas de variation significative pour les valeurs de l'écart de titre ainsi que pour le titre global des cocons au sein d'un lot, quelle que soit la couleur du cocon. Cependant, en ce qui concerne la variation de la longueur du filament, l'étude a constaté une différence significative entre les différents groupes de couleur chez les cocons Raily, tandis qu'on n'a pas observé ce type de différence chez les cocons Daba TV.

STUDIES ON THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE REARING PERFORMANCE OF TOTAL INDOOR REARED TASAR SILKWORM, *ANTHERAEA MYLITTA* D. (DABA TV ECORACE)

G. SHIVA KUMAR, G. SHAMITHA* AND A. PURUSHOTHAM RAO

Department of Zoology, Kakatiya University, Warangal- 506009, Andhra Pradesh, India.

Antheraea mylitta Drury, a forest-grown, commercial variety of Indian Tasar silkworm undergoes crop loss due to parasites, predators and vagaries of nature affecting the cocoon yield to a great deal. As there is a need to evolve a new method of rearing to stabilize tasar production, efforts are being made towards its 'total indoor rearing', from first instar larva to spinning. In the present investigation, a comparative analysis of the growth of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) reared in outdoor and indoor conditions, is reported. It is observed that in indoor worms, reared under lower temperature and higher humidity than that of outdoor conditions, the growth is same as that of outdoor ones in the early instars, but there is a slight decrease in the size in the fourth and fifth instars. The present also emphasizes on the cocoon yield and post cocoon parameters of indoor and outdoor reared tasar silkworms.

Keywords: *Antheraea mylitta*, D., Daba TV, instar, temperature, humidity, average length, average weight, cocoon yield and cocoon parameters.

INTRODUCTION

The Tasar silkworm, *Antheraea mylitta* Drury, is an important wild sericigenous (silk-producing) insect, commercially exploited in nine states of tropical India. The tasar silk, not only contributes to the national economy but also to the livelihood of lakhs (10^5) of tribal population engaged in tasar culture.

Antheraea mylitta Drury is distributed in the form of about 43 ecoraces in varied geographical tropical zones in India (Singh, 1997). It is a trivoltine, polyphagous insect feeding on a number of primary food plants (Table I), Asan (*Terminalia tomentosa*), Arjun (*Terminalia arjuna*) and Sal (*Shorea robusta*) and a host of other secondary food plants (Jolly, 1966 and 1974).

Traditional rearing method of tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. on nature grown forest plantations has many disadvantages like erratic climatic conditions, lack of watch and ward and free access to parasites, pathogens and predators leading to extremely low returns (Jolly *et. al.*, 1974; Patil and Savanurmah, 1991 and Goel *et al.*, 1993).

The forest area of Andhra Pradesh extends over 168 100 km² of land, out of which 13.028 lakh hectares (lakh= 10^5 , hectare= 10^4 m²) are having patches of tasar food plants (Sinha, 1993). Tasar primary food plants are found abundantly in all forests close to the Godavari river in Andhrapradesh extending from Adilabad, Karimnagar, Warangal, Khammam, East Godavari and Visakhapatnam districts, Monnanoor and Kosgi of Mahaboobnagar district, Nallamalla forests of Prakasham and

* Assistant Professor, Department of Zoology, Kakatiya University, Warangal-506009, Andhra Pradesh, India, Shamitha_gang@yahoo.com.

Kurnool districts along the rivulets (Jayaprakash, 1995). Food plants of tasar silkworm stand tall and scattered in the nature growing in thick forests, making the rearing tedious. It is necessary to prune the food plants periodically to ensure continuous supply of nutritive leaves for the worms. Since forest department's rules do not permit this basic necessity, and as moths breed at random and hence no measures can be taken for production of improved quality silk. Therefore Beeson (1941) emphasized the need to protect the caterpillars from the attack of natural enemies and prohibit the moths from random mating.

Table I. Classification of test insect and host plant.

Tableau I. Classification des insectes testés et des plantes hôtes.

Test insect	Host plant
<i>Insecte testé</i>	<i>Plante hôte</i>
Kingdom / <i>Règne</i> : Animalia	Kingdom / <i>Règne</i> : Plantae
Phylum: Arthropoda / <i>Arthropodes</i>	Division: Magnoliophyta
Class / <i>Classe</i> : Insecta / <i>Insectes</i>	Class / <i>Classe</i> : Magnoliopsida
Order / <i>Ordre</i> : Lepidoptera / <i>Lépidoptères</i>	Order / <i>Ordre</i> : Myrtales
Family / <i>Famille</i> : Saturniidae / <i>Saturniidés</i>	Family / <i>Famille</i> : Combretaceae
Subfamily / <i>Sous-famille</i> : Saturniinae / <i>Saturniïnés</i>	Genus / <i>Genre</i> : <i>Terminalia</i>
Tribe / <i>Tribu</i> : Saturniini	Species / <i>Espèce</i> : <i>T. arjuna</i>
Genus / <i>Genre</i> : <i>Antheraea</i>	
Species / <i>Espèce</i> : <i>A. mylitta</i>	
Race: Indian / <i>Indienne</i>	
Ecorace: Daba TV	

In order to stabilize tasar crop improvement many attempts were made in the recent past which have contributed immensely to the progress of tasar culture (Akai, 1991 and Thangavelu, 1992). A recent attempt on total indoor rearing of *A. mylitta* (Andhra local ecorace) has revealed a decrease in loss of worms under total indoor conditions and also a considerable increase in crop yield has been observed (G. Shamitha, 2000).

Hence the present investigation has been taken up on tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury Daba TV ecorace (TV - Trivoltine i.e., 3 crops per year) in order to study the growth and development of tasar silkworms reared simultaneously both in outdoor and indoor conditions.

Tasar silkworm is an abundant, valuable & commercially important type of wild silkworms. Tasar culture being traditionally practiced in forest (outdoor conditions) causes casualties of larvae in the early stage, leading to low harvests of about 15-20% cocoons. To overcome these hurdles the concept of "Indoor rearing" was conceived many years ago which aims at protecting the larvae during younger stages of the development. The early attempt was made to rear the tasar larvae up to third instar on the cut branches of the host plant hanging on wire protected from above by a tarpaulin roof. Further improvements in the system were tried which include dipping of cut end of branches inside water, use of polythene cover and spraying of water over the leaves (Jolly, 1971, 1973 and 1974).

Further efforts to improve the rearing conditions have shown to reduce the level of larval loss and increased production rate as reported by a few authors (Mira Madan, 1991 and Thangavelu, 1993). Technological developments in the recent years have shown that improved management can reduce

the loss of larvae significantly. Hence efforts are being made in this direction in the present investigation towards "Total indoor rearing" from first instar to cocoon spinning, which is being reported earlier in *A. mylitta* D (Andhra Local ecorace) as a measure of its conservation (Shamitha, 2008).

Domestication of silkworm i.e. the indoor rearing technique at the laboratory level has already been successful and is being adopted by many scientists to carry out their research works on nutritional ecology (Rath *et al.*, 1999; Ojha *et al.*, 2000 and Sinha *et al.*, 2000).

Earlier works have demonstrated that the silk moths can be bred successfully under confinement and the tasar caterpillars can be successfully reared indoors, for years, on standardized methodology (Patil and Savanurmath. 1987 and 1988).

MATERIAL AND METHODS

In general, outdoor rearing involves heavy population loss particularly in 1st instar and disease occurrence in 3rd and 4th instars, despite pest and predator problem. Moreover outdoor rearing involves more vigilance, labor cost and laborious process during netting and cocoon harvesting (Fig. 1). To overcome these hardships and to make these processes simpler, total indoor rearing is conducted which involves rearing of tasar worms inside the room from the stage of brushing (the process of shifting newly-hatched larvae onto the tender branches of host plants using small paint brush or feather) to cocoon formation by ensuring proper aeration and disinfection

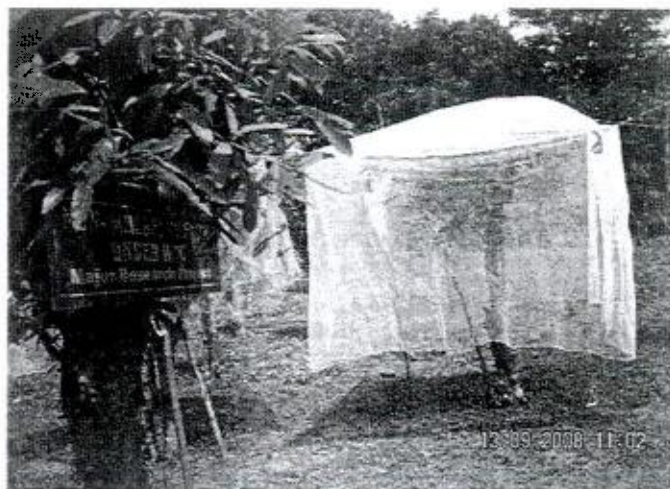


Fig. 1. Outdoor rearing method of tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. (Daba TV).

Fig. 1. Méthode d'élevage du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) à l'extérieur.

The rearing set consists of wide mouth bottles or earthen pots (Fig. 2) rather, any water container which can ensure constant water supply to the branches. The mouth of the conical flask or bottle is plugged by cotton to protect larvae from drowning and to check increase in humidity due to evaporation of water. The average number of worms on twigs in the earthen pots for I, II, III, IV and V instars are 100, 75, 50, 25 and 15 respectively. A paraffin paper is used to collect the faecal pellets and to maintain cleanliness and healthy atmosphere in the rearing set.

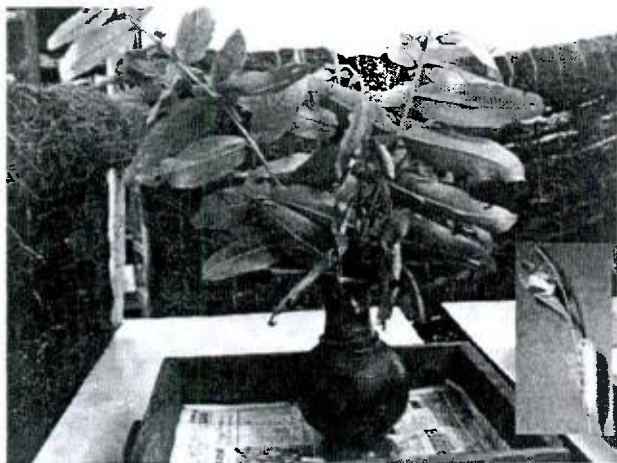


Fig. 2. Indoor rearing set-up of tasar silkworm *Antheraea mylitta D.* (Daba TV) from brushing to cocoon formation.

Fig. 2. Organisation de l'élevage du ver à soie tasar *Antheraea mylitta D.* (Daba TV) à l'intérieur de la levée à la formation du cocon.

To monitor the environmental factors *i.e.*, temperature and relative humidity during the course of rearing, the following methods are adopted. Temperature is calculated by lab thermometer and humidity with the help of hygrometer. The readings were taken for the entire first crop (June - July). Average minimum and maximum temperature and relative humidity are noted and presented in tabular form. To study the ethological aspects of Daba TV in Warangal, environmental conditions of June - July month during different stages of life history till cocoon formation were observed for indoor as well as outdoor worms.

Young larvae require tender soft and succulent leaves having higher moisture, protein and sugar content and less starch and fiber, while late instar worms require branches with mature leaves which have higher protein content and less moisture content (FAO Sericulture manual 2, 1988). The selected branches are inserted into water-filled bottles. During moulting enough care was taken not to disturb the arrangement.

The average length and weight of five larvae from I to V instars, selected at random from the rearing lot of both indoor and outdoor worms, feeding on the *T. Arjuna* plants were measured using graph paper and electronic balance of Shimadzu-make respectively.

The cocoon yield was calculated by finding the Effective Rate of Rearing (by number) for outdoor and indoor reared worms; the quality of the cocoons was compared for both outdoor and indoor rearing by calculating the weight of the cocoon, weight of the shell; length, width, thickness of the shell, shell ratio and the number of cocoons contained in one kilogram weight.

The mortality was calculated by counting the number of worms lost due to various reasons during each instar of both outdoor and indoor rearing and accordingly the percentage was calculated.

RESULTS

From the results it is observed that outdoor temperature level is slightly uniform and is higher than that of indoor ranging from 0.47° C - 2.4 C° (Fig: 3). However, the relative humidity is found to be more in indoor rearing than in outdoor, ranging from 5.86 - 9.5 % (Fig 4).

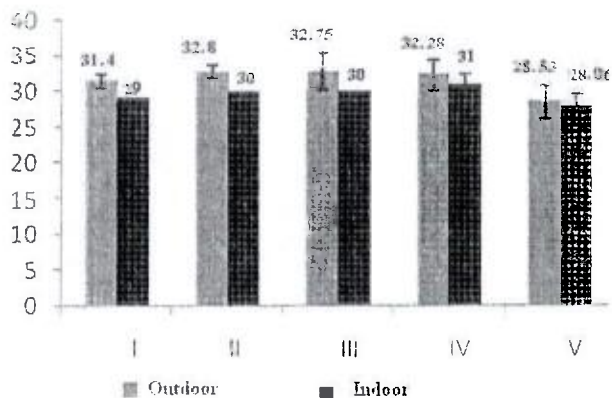


Fig. 3. Instar-wise average temperature in five instars of outdoor and indoor reared larvae of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) in °C.

Fig. 3. Température moyenne en °C pendant les cinq âges au cours de l'élevage des larves de tasar *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) à l'extérieur et à l'intérieur.

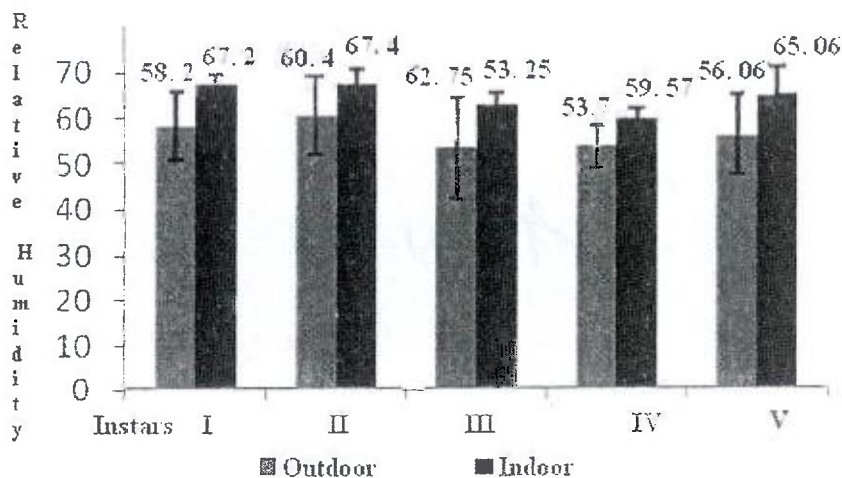


Fig. 4. Instar-wise average relative humidity of outdoor and indoor reared tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) in %.

Fig. 4. Humidité relative moyenne en % en fonction des âges pendant l'élevage à l'extérieur et à l'intérieur du ver à soie tasar, *Antheraea mylitta* D. (écocrace Daba TV).

It is evident from the results that the average length of both outdoor and indoor worms in the five instars is almost the same with a negligible decrease in indoor worms i.e., at a range of 0.55 to 0.8 cms (Fig 5).

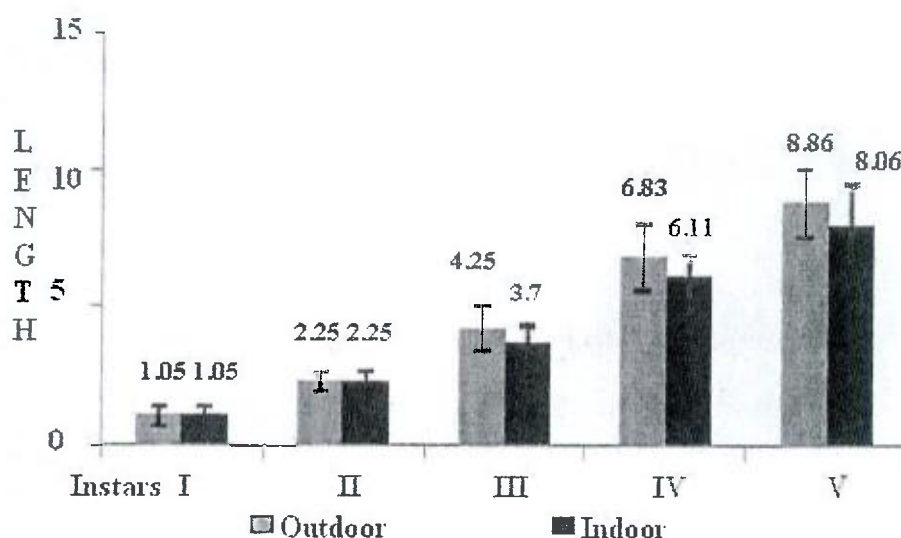


Fig. 5. Instarwise average length of outdoor and indoor reared larvae of tasar silkworm, *Anthraea mylitta D.* (Daba TV ecorace) in cm.

Fig. 5. Longueur moyenne en cm en fonction de l'âge des larves du ver à soie tasar *Anthraea mylitta D.* élevées à l'extérieur et à l'intérieur (écorace Daba TV).

Tableau II. Instar-wise mortality of tasar silkworm, *Anthraea mylitta D.* (Daba TV) in outdoor and indoor rearing conditions.

Tableau II. Mortalité en fonction de l'âge du ver à soie tasar *Anthraea mylitta D.* (Daba TV) dans des conditions d'élevage à l'extérieur et à l'intérieur.

Rearing Method	First instar	Second instar	Third instar	Fourth instar	Fifth instar	Percentage of mortality	Percentage difference
Méthode d'élevage	Premier âge	2ème âge	3ème âge	4ème âge	5ème âge	% de mortalité	% de différence
Outdoor A l'extérieur	08	13	9	27	23	44	14
Indoor A l'intérieur	07	18	17	12	6	30	

Table III. Mortality of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) in outdoor and indoor rearing conditions.

Tableau III. Mortalité du ver à soie tasar, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV) dans des conditions d'élevage à l'extérieur et à l'intérieur.

Rearing method	Causes of mortality					Loss due to shifting of worms	% of loss due to pests	% of loss due to rainfall	% of loss due to diseases	Total mortality
	Pebrine	Viral	Bacterial	Pests	Rainfall					
Méthode d'élevage	Causes de la mortalité					Pertes dues au déplacement des vers	% de pertes dues aux parasites	% de pertes dues aux précipitations	% de pertes dues aux maladies	Mortalité totale
	Pébrine	Virales	Bactériennes	Parasites	Pluie					
Outdoor A l'extérieur	-	20	16	22	20	10	11	10	18	88
Indoor A l'intérieur	-	22	17	-	-	21	-	-	19.5	60*

* Percentage of total loss of worms in the indoor rearing / Pourcentage de perte totale de vers dans l'élevage à l'intérieur.

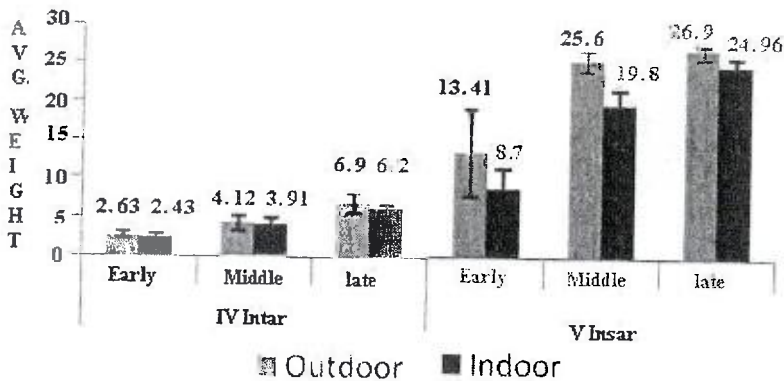


Fig. 6. Average weight of outdoor and indoor reared fourth and fifth instar larvae of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Daba TV ecorace) in grams.

Fig. 6. Poids moyen des larves des quatrième et cinquième âges du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* D. (ecorace Daba TV) en grammes élevées à l'extérieur et à l'intérieur.

The range of decrease in average weight of indoor worms compared to that of outdoor reared ones is between 0.2 -0.5 grams till late fourth instar, which is very negligible while there is a considerable decrease in fifth instar from 0.58 to 4.71gms (Fig 6).

The mortality of tasar silkworms in early instars of indoor rearing is greater, while mortality in outdoor worms is much higher in the late instars (Table II).

From the table III, the loss due to viral and bacterial disease in both the rearing methodologies is evident, in which mortality due to pests and rainfall is seen only in the outdoor rearing method and a considerable loss of worms is seen in indoor rearing due to regular shifting from the earthen pots. The significant observation from the present studies is a decrease in the percentage of total loss of worms in the indoor rearing (which is indicated by*, Table III)..

Table IV. Rearing performance and cocoon parameters of tasar silkworm, *Antheraea mylitta D.* (Daba TV) in outdoor and indoor rearing conditions.

Tableau IV. Performance d'élevage et paramètres des cocons du ver à soie tasar, Antheraea mylitta D. (Daba TV) dans des conditions d'élevage à l'extérieur et à l'intérieur.

Method of rearing	Cocoon parameters								
	Length (cm)	Width (cm)	Weight (g)	Shell weight (mg)	Shell thickness (mm)	Pupal weight (g)	ERR (%) (by no.)	No. of cocoons per kg	Shell ratio (%)
<i>Paramètres du cocon</i>									
<i>Méthode d'élevage</i>	<i>Longueur (cm)</i>	<i>Largeur (cm)</i>	<i>Poids (g)</i>	<i>Poids de la coque (mg)</i>	<i>Epaisseur de la coque (mm)</i>	<i>Poids nymphal (g)</i>	<i>(%) ERR (en nbre)</i>	<i>Nbre de cocons par kg</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>
Outdoor <i>A l'extérieur</i>	4.928 ± 0.20	2.966 ± 0.12	10.682 ± 0.61	845 ± 77.19	0.235 ± 0.02	9.696 ± 0.53	56	95	7.86
Indoor <i>A l'intérieur</i>	4.526 ± 0.14	2.728 ± 0.11	8.76 ± 0.67	701 ± 58.5	0.225 ± 0.01	7.961 ± 0.62	70*	116	7.88

* ERR (Effective rate of rearing): Total number of cocoons produced / total number of larvae brushed / ERR
(Taux Effectif d'Elevage) : Nombre total de cocons produits / nombre total de larves levées.

The table IV shows that the cocoon length, width and weight of outdoor reared ones are comparatively more than that of indoor reared tasar silkworms. The shell weight and pupal weight are much greater in the outdoor reared cocoons, while the shell thickness and shell ratio of both types of cocoons are almost the same. However, the Effective Rate of Rearing (ERR), which signifies total number of cocoons produced / total number of larvae brushed (indicated by * in Table V) and number of cocoons per kg in indoor reared method is much greater than that of outdoor reared ones.

DISCUSSION

Choudhary *et al.*, (1987) making studies on the rearing of tasar silkworm *A. mylitta*. D (Daba TV) have adopted indoor rearing of the chawki worms (young age worms) and concluded on the basis of cocoon assessment that short time rearing of the tender worms under indoor conditions resulted in lessening of mortality rate and betterment in the cocoon characters. However, the studies conducted in total indoor conditions from brushing to spinning stage of tasar silkworm *Antheraea mylitta*, revealed a reduction in mortality and disease incidence, but a depletion in cocoon characters (Shamitha, 2000 & 2008).

Chaudhuri *et al.*, (1999) working on the effect of climatic variability on the cocoon productivity of *Antheraea assama* (Muga Silkworm) have elucidated that altitude, location and rainfall attributes to cocoon productivity and also identified the need for developing indoor rearing technology.

Thus it is evident from the present studies, that indoor conditions having higher relative humidity and lower temperature than that of outdoor resulted in uniform growth of the larvae till second instar; slightly reduced growth in third, fourth and fifth instars. Earlier studies on indoor rearing of Daba (Thangavelu, 1992 and Jayaprakash *et al.*, 1993) have concluded that cocoon parameters were much better in outdoor worms.

The present investigation which has shown a higher percentage of ERR in indoor rearing when compared to that of outdoor rearing, though indicates an increase in crop production, it suggests an improvement in the cocoon quality as there is a depletion of the cocoon parameters of indoor rearing.

Since the leaf protein content is related to cocoon weight and shell weight, which is related to amount of silk in the cocoon, a decrease in these parameters in the indoor reared cocoons suggests an improvement in the quality of leaves to be fed to the indoor worms.

Studies based on oral administration of folic acid during fifth instar silkworm has shown not only higher growth and development but also has influenced the cocoon characters and quality of silk (Rahmathulla *et al.*, 2007). Several reports are available showing an increase in larval weight when administrated with other vitamins on different silkworm races viz-administration of thiamine (Nirwani and Kaliwal, 1996), thyroxine (Rajashekargouda *et al.*, 1998), ascorbic acid (Etebari, 2002; Babu *et al.*, 1992). Supplementation of mulberry leaves with Vitamin B12 could increase the synthesis of nucleic acids and protein in the silk gland of silkworm (Das and Medda, 1998), which can be considered as a common methodology to be evolved for the prospective studies in indoor rearing of tasar silkworm.

Since there is a tremendous scope for development of tasar culture, several lakhs of tribals dwelling in forest areas depend upon it for their livelihood, the tasar fibres contribute to national economy and is eco-friendly, the present attempt on total indoor rearing is envisaged. The study signifies that the growth of worms in indoor rearing conditions is more or less equal to that of forest grown; however, improved techniques are required to be done to standardize the domestication of silkworm as it is reported that larvae under natural environmental conditions where frequent fluctuations occur, will perform better and spin better cocoons (Joy *et al.*, 1995).

The present investigation suggests that the concept of 'Total indoor rearing' of wild insect, Tasar silkworm, which was unimaginable a few years ago, has reached to a semi-domesticated stage by the concerted efforts of Sericologists. Though, there is a reduced mortality, pest and predator problem, the size of the larvae and cocoon parameters need to be improved for commercial purpose. The standardization of the equipment is being made in our lab, in the direction of increasing further humidity and regulating the intensity of light in the rearing room by using humidifiers and covering water-sprinkled khus-khus (*Vetiveria zizanioides*, Family- Poaceae) curtains around the rearing tables, and use of water filled earthen pots instead of conical flasks is suggested to ensure continuous supply of water and humidity.

From the present studies, which is based on the rearing of two Disease Free Layings, the work is in progress by taking 10 DFLs it can be proposed to undertake total indoor rearing of tasar silkworm for more number of DFLs under a relative humidity of 70-80% and a temperature of 26-28°C, providing adequate spacing, following disinfection measures, bed cleaning, providing suitable leaf according to the larval stage and care during moulting. Since the indoor rearing concept in the present studies involves feeding the worms 2-3 times a day, it is also suggested to increase the area of acreage of food plants for ensuring continuous food supply to the worms. Since Tasar culture is considered as an aid to improve environment and social forestry in backward areas (Kapila, 1989), the protection and plantation of its host plants may also be considered as one of the sustainable forest based activity, as a firm afforestation drive also helps maintain the tasar forests and subsequently tasar culture (Alok Sahay *et al.*, 1991).

The tasar culture though is prevailed with major constraints like low fecundity and certain poor cocoon characters, a genetic improvement by breeding with parents of desired traits and commercial significance is considered as a tool towards improving fecundity, shell weight and other commercial cocoon characters (Manohar, 2008). Efforts to continue the crops from indoor egg source can also be made in the direction of perpetuation of the indoor rearing.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to University Grants Commission (New Delhi), for providing funds required to carry out the present work under Major Research Project.

REFERENCES

- AKAI H. SUTO M. ASHOK K. NAVAK B.K. & JAGANATH RAO B. (1991) Rearing of *A. mylitta* with newly developed artificial diet. Wild silkmths, 121-127.
- ALOK SAHAY AND KAPILA, M. L. (1991) Deforestation- A threat to Tasar culture, Indian silk. 3(7): 48-50.
- BABU M, SWAMY MT, RAO PK, RAO MS. (1992) Effect of ascorbic acid-enriched mulberry leaves on rearing of *Bombyx mori* L. Indian J. Seric. 31: 11-114.
- BEESON C.F.C. (1941) Ecology and control of the forest insects of India and neighbouring countries, Govt of India Publishers, 767.
- CHAUDHURI M. SINGH S. S. DAS B. DHAR N. J. BASUMATARY B. GOSWAMY D. DAS K. BARAH A. SAHU M. KAKOTY L. N. MANDAL T. & CHATTERJEE S. N. (1999) Climatic variability in nine locations of the north east India and their effect on cocoon productivity of muga silkworm (*Antheraea assama* Westwood) Sericologia 39(IV): 577-591.
- CHOUDHARI C. C. DUBEY O. P. SINHA S. S. & SEN GUPTA K. (1987) Studies on the different techniques of young stage silk worm rearing, Annual Reports, CTR&TI, Ranchi.
- DAS S, MEDDA A. (1988) Effect of cyanocobalamine on protein and nucleic acid contents of ovary of silkworm, *Bombyx mori* L., during larval, pupal and adult stages of development. Insect Sci. Appl. 9: 641-646.
- ETEBARI K (2002) Effect of enrichment of mulberry leaves (*Morus alba*) with some vitamins and nitrogenous compounds on some economic traits and physiological characters of silkworm *Bombyx mori* (Lep., Bombycidae), M.Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
- GOEL A. K. BRAHMACHARI B. N. DHANDAPANI M. & THANGAVELU K. (1993) Socio Economic study of Tasar Culture. Indian silk 31 vol XII : 38-42.
- JAYAPRAKASH P. (1995) 'Bio-ecology of tasar silkworm Andhra local ecorace (*A. mylitta D*) from forest area of Warangal, Ph.D. thesis submitted to Kakatiya University, Warangal.

- JAYAPRAKASH P. NAIDU W. D AND VIJAY KUMAR (1993) Indoor rearing of tasar silkworm *Antheraea mylitta* a new technology. Workshop on tasar culture, Aug, 29-30, Proceedings March 1993, pp 19-24.
- JOLLY M.S. (1966) Tasar research scientific Brochure no.4 Central tasar research station, Central Silk Board, Ranchi, pp 144.
- JOLLY M.S. (1971) A new technique of rearing tasar silkworm, Indian silk (9): 17-18.
- JOLLY M.S. ASHAN M.M. & KHANNA R.P. (1973). A new technique of rearing tasar silkworm *Antheraea mylitta*. D. Proc. of first international seminar on non-mulberry silks, Oct 3-4, 1974.
- JOLLY M.S. SEN S.K. & MAQBOOL, A. (1974). Tasar culture, Ambika Publishers, Bombay, 266.
- JOY, O. AND GOPINATHAN, K.P. (1995) Heat shock response in mulberry silkworm races with different thermotolerances. Journal of Bioscience, 20, 499-513.
- KAPLA, M. L. (1989) Tasar silkworm rearing can help environmental improvement and social forestry in backward areas. Indian silk. 28(12): pp 6-9.
- MIRA MADAN NEERU SALUJA & PADMA VASUDEVAN (1991) Polythene bag method: A new technique for tasar silkworm till the third instar, Indian silk. 30(8): 41-46.
- NIRWANI R B AND KALI WAL B B 1996 Effect of Folic Acid on economic traits and the change of some metabolic substances of Bivoltine Silkworm, *Bombyx mori* L.; Korean J. Seri. Sci. 38 118-123.
- OJHA N. G. SHARAN S. K. RAI S. & PANDAY P. N. (2000) Studies on sex wise consumption and utilization of leaves of different food plants in different ecorace of tropical tasar silk worm, *Antheraea mylitta* Drury during fifth instar of first crop. Int. J. Wild Silkworm & Silk, 5:241-245.
- PATIL G. M. & SAVANURMATH C.J. (1988) Moth emergence, mating, egg laying and egg hatchability in tasar silk moth, *Antheraea paphia* (Linn) under Bangalore (Karnataka) Indoor conditions., The Journal of the Karnataka University Science 33, 15-18.
- PATIL G.M & SAVANURMATH (1991) Biology and anatomy of tasar Uzi fly (Diptera: Tachnidae) on tasar silkworm in Bangalore conditions, Ph.D Thesis, Karnataka University, Dharward, 126.
- PATIL G.M. & SAVANURMATH C.J. (1989) Can tropical tasar, *Antheraea paphia* be reared indoor Entomon, 14 (3 & 4), 217-225.
- R. MANOHAR REDDY, R. MANOHAR REDDY, N. SURYANARAYANA AND N.B. VIJAYA PRAKASH (2008) Heterosis Potential in Selective Parental F1 Hybrids of Divergent Geographic Ecoraces of Tropical Tasar Silkworm, *Antheraea mylitta* D (Lepidoptera: Saturniidae), Academic Journal of Entomology 1 (2): 32-35
- R. MANOHAR REDDY, N. SURYANARAYANA AND N.B. VIJAYA PRAKASH (2008) Heterosis Potential in Selective Parental F1 Hybrids of Divergent Geographic Ecoraces of Tropical Tasar Silkworm, *Antheraea mylitta* D (Lepidoptera: Saturniidae) Academic Journal of Entomology 1 (2): 32-35.
- RAHMATHULLA V. K., PRIYABRATA DAS, M. RAMESH AND R. K (2007) Growth rate pattern and economic traits of silkworm, *Bombyx mori* L under the influence of folic acid administration) J. Appl. Sci. Environ. Manage. 11(4) 81 – 84.
- RATH S. S. SINHA B. R. R. P. & THANGAVELU K. (2004) Nutritional efficiency in *Antheraea mylitta* D. under deprivation. Int. J. Induct. Entomol. 9(1): 111-115.
- RATH S. SINHA B. R. R. P. & THANGAVELU K. (1999) Comparative food utilization and adult characters in *Antheraea mylitta* D. fed on different host plants. Proceedings in national seminar on tropical sericulture : Non-mulberry sericulture, Silk technology, Sericulture Economics and Extension, Vol. 3, 12-16.
- SERICULTURE MANUAL-2. (1988) Silkworm Rearing, FAO Agricultural Services Bulletin 15/2, 72.
- SHAMITHA G. & PURUSHOTHAM RAO A. (2000) Cocoon and post cocoon studies of outdoor and total indoor reared silkworm, *Antheraea mylitta*. D, UP Journal of Zoology, Vol 20.
- SHAMITHA G. & PURUSHOTHAM RAO A. (2000) Estimation of glycogen and lipid content in diapausing pupae of outdoor and total indoor reared tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. J. nature Conservators 12(2), 205-209.

- SHAMITHA G. & PURUSHOTHAM RAO A. (2008) Rearing performance of total indoor and outdoor reared tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D., Andhra local ecorace. Indian Journal of Comparative Animal Physiology. 26 (1), 38-44.
- SINGH B.M.K. & SRIVASTAVA A.K. (1997) Ecoraces of *A. mylitta*.D. and exploitation strategy through hybridization. Current technology Seminar on non-mulberry Sericulture, Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi, Base paper, 6: 39.
- SINGH M.K. JAISWAL J. & THANGAVELU K. (1993) Ideal tasar grainage house and grainage techniques, Indian silk, 31(12), 25-26.
- SINHA U. S. P. BAJPAI C. M. SINHA A. K. BRAHMHACHARI B. N. & SINHA, B. R. R. P. (2000) Food consumption and utilization in *Antheraea mylitta* Drury larvae. Int. J. Wild Silk moth & Silk, 5:182-186.
- THANGAVELU K. (1993) Identification of problems and prospects in tasar culture. CTR&TI, Ranchi, Proc. of the workshop held on 29-30, Aug-92, Kakatiya University & C.S.B, Warangal, A.P., India, 57-62.
- THANGAVELU K. BAJPAYEE C. M. & BANIA H. R. (1992) Indoor rearing of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. Wild silk moths, 99-103.

IMPACT DES FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX SUR LA PERFORMANCE D'ELEVAGE DU VER A SOIE TASAR, *ANTHRAEAE MYLITTA D.* (ECORACE DABA TV) ELEVE COMPLETEMENT A L'INTERIEUR

G. SHIVA KUMAR, G. SHAMITHA* & A. PURSHOTHAM RAO

Department of Zoology, Kakatiya University, Warangal – 506 009, Andhra Pradesh, Inde.

Anthraeae mylitta Drury, une variété commerciale du ver à soie tassar indien, qui est élevé en forêt subit des pertes à cause des parasites, des prédateurs et des caprices de la nature, qui affectent beaucoup le rendement en cocons récoltés. Comme il est nécessaire de mettre au point une nouvelle méthode d'élevage pour stabiliser la production tassar, des efforts ont été entrepris en vue « d'un élevage complètement à l'intérieur », des larves du premier âge jusqu'au filage. Dans cette étude, nous présentons une analyse comparative de la croissance du ver à soie tassar, *Anthraeae mylitta D.* (Daba TV), dans des conditions d'élevage à l'extérieur et à l'intérieur. On observe que chez les vers à soie élevés à l'intérieur à une température plus basse et avec une humidité plus élevée que dans les conditions à l'extérieur, la croissance est la même que celle des vers à l'extérieur pendant les premiers âges, mais il y a une légère diminution de la taille pendant le quatrième et le cinquième âge. Cette étude met aussi l'accent sur le rendement en cocons et sur les paramètres post cocon des vers à soie tassar élevés à l'intérieur et à l'extérieur.

INTRODUCTION

Le ver à soie tassar, *Anthraeae mylitta* Drury est un insecte séricigène (qui produit de la soie) sauvage important, exploité sur le plan commercial dans neuf Etats en Inde tropicale. La soie tassar, non seulement contribue à l'économie nationale mais sert aussi de gagne-pain à des centaines de milliers de personnes appartenant aux tribus qui pratiquent l'élevage du tassar.

Anthraeae mylitta Drury est distribué sous la forme d'environ 43 écoraces dans des zones tropicales géographiques variées en Inde (Singh, 1997). C'est un insecte trivoltin, polyphage, qui se nourrit sur un certain nombre de plantes hôtes primaires Asan (*Terminalia tomentosa*), Arjun (*Terminalia arjuna*) et Sal (*Shorea robusta*) (Tableau I) et un ensemble de plantes hôtes secondaires (Jolly, 1966 et 1974).

La méthode traditionnelle d'élevage du ver à soie tassar *Anthraeae mylitta D.* dans des plantations forestières naturelles présente de nombreux inconvénients comme les conditions climatiques changeantes, le manque de surveillance et le libre accès aux parasites, aux pathogènes et aux prédateurs qui génèrent des profits extrêmement bas (Jolly et coll., 1974 ; Patil et Savanurmah, 1991 et Goel et coll., 1993).

La zone forestière de l'Andhra Pradesh s'étend sur plus de 168 180 km², avec 130 028 km² qui comprennent des parcelles de plantes hôtes du tassar (Sinha, 1993). On trouve des plantes hôtes primaires du tassar en abondance dans toutes les forêts proches de la rivière de Godavari dans l'Andhra Pradesh, qui s'étendent à partir des zones d'Adilabad, Karimnagar, Warangal, Khammam, Godavari

* Assistant Professor, Department of Zoology, Kakatiya University, Warangal – 506 009, Andhra Pradesh, Inde
Shamita_gang@yahoo.com

est et Visakhapatnam, à Monnanoor et Kosgi dans la zone de Mahaboobnagar, dans les forêts des zones de Prakasham et de Kurnool le long de petits ruisseaux (Jayaprakash, 1995). Les plantes hôtes du ver à soie tasar sont hautes et sont réparties dans la nature sous la forme de forêts épaisses, ce qui rend l'élevage fastidieux. Il est nécessaire de tailler les plantes hôtes périodiquement pour assurer un apport continu en feuilles nutritives pour les vers. Puisque la réglementation du Ministère de la Forêt ne permet pas cette nécessité de base et puisque les papillons se reproduisent de manière aléatoire, on ne peut pas prendre de mesures pour améliorer la production de la qualité de la soie. Beeson (1941) a donc souligné qu'il est nécessaire de protéger les chenilles de l'attaque par des ennemis naturels et d'empêcher les papillons de s'accoupler de manière aléatoire.

De nombreux essais ont été réalisés récemment afin de stabiliser l'amélioration de l'élevage du tasar qui ont largement contribué au progrès de l'élevage du tasar (Akai, 1991 et Thangavelu, 1992). Un essai récent d'élevage complètement à l'intérieur d'*A. mylitta* (écorace Andhra local) a montré une diminution de la perte de vers dans des conditions totalement à l'intérieur, ainsi qu'une augmentation considérable du rendement de la récolte (G. Shamitha, 2000).

Cette étude sur le ver à soie tasar *Antherara mylitta* Drury écorace Daba TV (TV – trivoltine, c'est-à-dire 3 récoltes par an) a donc été entreprise afin d'étudier la croissance et le développement des vers à soie tasar élevés simultanément dans des conditions à l'extérieur et à l'intérieur.

Le ver à soie tasar est un type de ver à soie sauvage abondant, de valeur, important sur le plan commercial. L'élevage tasar étant pratiqué traditionnellement en forêt (dans des conditions à l'extérieur) cela entraîne des pertes de larves pendant le premier âge, qui donnent des récoltes de cocons d'environ 15 à 20 %. Pour surmonter ces obstacles, le concept d'élevage à l'intérieur a été élaboré il y a longtemps dans le but de protéger les larves pendant les premiers stades de leur développement. Le premier essai consistait à élever les larves tasar jusqu'au 3^{ème} âge sur des branches coupées de la plante hôte suspendues à un grillage protégé par un toit en toile goudronnée. Par ailleurs, on a essayé d'améliorer le système en faisant tremper les extrémités coupées des branches dans de l'eau et en utilisant une bâche de polyéthylène et en vaporisant de l'eau sur les feuilles (Jolly, 1971, 1973 et 1974).

Des efforts supplémentaires pour améliorer les conditions d'élevage se sont avérés diminuer le niveau de pertes de larves et augmenter le taux de production, comme l'ont signalé plusieurs auteurs (Mira Madan, 1991 et Thangavelu, 1993). Les développements technologiques au cours des dernières années ont montré que l'amélioration de l'organisation peut diminuer les pertes de larves de manière significative. Dans cette étude, des efforts ont donc été entrepris dans cette direction, en vue « d'un élevage complètement à l'intérieur » du premier âge au filage des cocons, que l'on a rapporté plus tôt chez *A. mylitta* D. (écorace Andhra Local) comme mesure de conservation (Shamitha, 2008).

La domestication du ver à soie, c'est-à-dire la technique d'élevage à l'intérieur au niveau du laboratoire, s'est déjà avérée un succès et est adoptée par de nombreux chercheurs pour réaliser leurs travaux de recherche sur l'écologie nutritionnelle (Rath et coll., 1999 ; Ojha et coll., 2000 et Sinha et coll., 2000).

Les travaux précédents ont montré qu'on peut facilement élever les papillons du ver à soie quand ils sont confinés et on peut réussir l'élevage des chenilles tasar à l'intérieur avec une méthodologie standardisée (Patil et Savanurmaht, 1987 et 1988).

MATERIELS ET METHODES

En général, l'élevage à l'extérieur entraîne de lourdes pertes de population particulièrement pendant le 1^{er} âge et l'éruption de maladies pendant le 3^{ème} et le 4^{ème} âges, en plus des problèmes dus aux parasites et aux prédateurs. De plus, l'élevage à l'extérieur nécessite plus de vigilance, implique un coût de main d'œuvre et représente un processus laborieux pendant la pose des filets et la récolte des cocons (Fig. 1). Pour surmonter ces obstacles et pour rendre ces processus plus simples,

on procède à l'élevage complètement à l'intérieur, ce qui implique l'élevage des vers dans une pièce du stade de la levée (le processus qui consiste à transférer les larves venant d'éclore sur les branches tendres des plantes hôtes, en utilisant un petit pinceau ou une plume) jusqu'à la formation du cocon, en assurant une aération et une désinfection correctes.

L'équipement d'élevage consiste en des bouteilles avec un large goulot ou plutôt des pots en terre (Fig. 2), n'importe quel récipient qui peut assurer un apport constant en eau aux branches. On bouche le goulot du bocal conique ou de la bouteille avec du coton pour empêcher les larves de se noyer et pour maîtriser l'augmentation de l'humidité à cause de l'évaporation. Le nombre moyen de vers sur les rameaux contenus dans les pots en terre pendant le 1^{er}, le 2^{ème}, le 3^{ème}, le 4^{ème} et le 5^{ème} âge est de respectivement 100, 75, 50, 25 et 15. On utilise du papier de paraffine pour recueillir les excréments et pour maintenir la propreté et une atmosphère saine chez le lot élevé.

Pour contrôler les facteurs environnementaux, c'est-à-dire la température, l'humidité relative au cours de l'élevage, on adopte les méthodes suivantes. On mesure la température avec un thermomètre de laboratoire et l'humidité à l'aide d'un hygromètre. On procède aux relevés pendant toute la première récolte (juin – juillet). On note la température minimum et maximum et l'humidité relative moyennes. Pour étudier les aspects éthologiques de Daba TV à Warangal, on observe les conditions environnementales en juin-juillet pendant les différentes étapes du cycle de vie jusqu'à la formation du cocon chez les vers élevés à l'intérieur et à l'extérieur.

Les jeunes larves ont besoin de feuilles fines, tendres et succulentes qui ont plus d'humidité, de protéines et de teneur en sucres et moins d'amidon et de fibres, tandis que les vers du dernier âge ont besoin de branches avec des feuilles mûres, qui ont une teneur élevée en protéines et une teneur moins élevée en eau (FAO Sericulture Manual 2, 1988). Les branches sélectionnées sont insérées dans des bouteilles remplies d'eau. Pendant la mue on fait attention à ne pas déranger la disposition.

La longueur et le poids moyens de cinq larves du 1^{er} au 5^{ème} âge, sélectionnées de manière aléatoire sur le lot de vers élevés à l'intérieur et à l'extérieur, qui se nourrissent sur des plants de *T. arjuna* sont mesurés en utilisant respectivement du papier millimétré et une balance électronique de marque Shimadzu.

On calcule le rendement en cocons d'après le Taux Effectif d'Eleveage (en nombre) pour les vers élevés à l'extérieur et à l'intérieur, on compare la qualité des cocons élevés à l'extérieur et à l'intérieur en enregistrant le poids du cocon, le poids de la coque, la longueur, la largeur, l'épaisseur de la coque, la richesse soyeuse et le nombre de cocons contenus dans un kilo de poids.

On calcule la mortalité en comptant le nombre de vers perdus pour des raisons variées pendant chaque âge à la fois pendant l'élevage à l'extérieur et à l'intérieur et on calcule le pourcentage en conséquence.

RESULTATS

D'après les résultats, on observe que le niveau de température à l'extérieur est à peu près uniforme et plus élevé qu'à l'intérieur de 0,47° C à 2,4° C (Fig. 3). Cependant, on constate que l'humidité relative est plus importante avec l'élevage à l'intérieur qu'à l'extérieur et est comprise entre 5,86 et 9,5 % (Fig. 4).

Il est évident d'après les résultats que la longueur moyenne des vers à la fois à l'extérieur et à l'intérieur pendant les cinq âges est presque la même avec une baisse négligeable chez les vers élevés à l'intérieur, c'est-à-dire dans une fourchette de 0,55 à 0,8 cm (Fig. 5).

La fourchette de diminution du poids moyen des vers élevés à l'intérieur, par comparaison aux vers élevés à l'extérieur, se situe entre 0,2 – 0,5 g jusqu'à la fin du quatrième âge, ce qui est très négligeable, tandis qu'il y a une baisse considérable pendant le 5^{ème} âge de 0,58 à 4,71 g (Fig. 6).

La mortalité des vers à soie tassar pendant les premiers âges lors de l'élevage à l'intérieur est plus importante, tandis que la mortalité chez les vers élevés à l'extérieur est plus élevée pendant les derniers âges (Tableau II).

D'après le Tableau III, la perte due aux maladies virales et bactériennes avec les deux méthodologies d'élevage est évidente et on observe une mortalité due aux parasites et aux précipitations seulement avec l'élevage à l'extérieur et une perte considérable de vers avec l'élevage à l'intérieur à cause du transfert régulier à partir des pots en terre. L'observation significative de cette étude est la baisse du pourcentage de perte totale de vers avec l'élevage à l'intérieur.

Le Tableau IV montre que la longueur, la largeur et le poids du cocon des vers élevés à l'extérieur sont comparativement plus importants que ceux des vers à soie élevés à l'intérieur. Le poids de la coque et le poids de la nymphe sont beaucoup plus importants chez les cocons élevés à l'extérieur, tandis que l'épaisseur de la coque et la richesse soyeuse sont presque les mêmes chez les deux types de cocons. Cependant, l'ERR (en nombre) et le nombre de cocons par kg avec la méthode d'élevage à l'intérieur sont beaucoup plus élevés que chez les cocons élevés à l'extérieur.

DISCUSSION

Choudhary et coll., (1987) en réalisant des études sur l'élevage du ver à soie tassar *A. mylitta* D. (Daba TV) ont adopté l'élevage à l'intérieur des vers chawki (vers des premiers âges) et conclu, sur la base de l'évaluation des cocons, que la courte période d'élevage des jeunes vers à l'intérieur entraîne une diminution du taux de mortalité et une amélioration des caractères du cocon. Cependant, les études réalisées dans des conditions d'élevage complètement à l'intérieur de la levée au stade de filage chez le ver à soie *Antheraea mylitta* révèlent une diminution de la mortalité et de l'incidence des maladies, mais une diminution des caractères du cocon (Shamitha, 2000 et 2008).

Chaudhuri et coll., (1999) en travaillant sur l'effet de la variabilité climatique sur la productivité du cocon d'*Antheraea assamensis* (ver à soie muga) ont observé que l'altitude, le lieu et les précipitations ont un effet sur la productivité en cocons et également identifié la nécessité de mettre au point une technologie d'élevage à l'intérieur.

Il est donc évident d'après notre étude, que l'humidité relative plus élevée et la température plus basse à l'intérieur qu'à l'extérieur entraînent une croissance uniforme des larves jusqu'au deuxième âge, une croissance légèrement diminuée pendant le 3ème, le 4ème et le 5^{ème} âge. Des études précédentes sur l'élevage de Daba à l'intérieur (Thangavelu, 1992 et Jayaprakash et coll., 1993) ont conclu que les paramètres du cocon sont bien meilleurs chez les vers élevés à l'extérieur.

Cette étude, qui a montré un pourcentage ERR plus élevé pendant l'élevage à l'intérieur par comparaison à l'élevage à l'extérieur indique, cependant, une augmentation de la récolte produite, elle suggère qu'il faudrait une amélioration de la qualité du cocon, puisqu'il y a une diminution des paramètres du cocon élevé à l'intérieur.

Puisque la teneur en protéines de la feuille est liée au poids du cocon et au poids de la coque, qui sont liés à la quantité de soie dans le cocon, une baisse de ces paramètres chez les cocons élevés à l'intérieur montre qu'il faut améliorer la qualité des feuilles données aux vers élevés à l'intérieur.

Les études basées sur l'administration orale d'acide folique chez le ver à soie du 5^{ème} âge ont montré non seulement une croissance et un développement plus importants, mais ont aussi influencé les caractères du cocon et la qualité de la soie (Rahmathulla et coll., 2007). Plusieurs rapports existent aussi qui montrent une augmentation du poids larvaire quand on administre d'autres vitamines chez les différentes races de ver à soie, c'est-à-dire de la thiamine (Nirwani et Kaliwal, 1996), de la thyroxine (Rajashekargouda et coll., 1998) et de l'acide ascorbique (Etebari, 2002 ; Babu et coll., 1992). La complémentation des feuilles de mûrier avec de la Vitamine B12 peut augmenter la synthèse des acides nucléiques et des protéines dans la glande séricigène du ver à soie (Das et Medda, 1998),

ce que l'on peut considérer comme une méthodologie courante qu'il faudrait mettre au point dans les futures études sur l'élevage du ver à soie tasar à l'intérieur.

Compte-tenu du potentiel très large de développement de l'élevage tasar, plusieurs centaines de milliers de foyers des tribus dans les zones forestières en dépendant pour gagner leur vie, les fibres tasar contribuant à l'économie nationale et étant respectueuses de l'environnement, nous avons donc voulu essayer un élevage complètement à l'intérieur. L'étude montre que la croissance des vers dans des conditions d'élevage à l'intérieur est plus ou moins égale à celle des vers élevés en forêt ; cependant, une amélioration des techniques est nécessaire pour standardiser la domestication du ver à soie, puisqu'on a signalé que les larves donnent de meilleures performances et filent de meilleurs cocons dans des conditions environnementales naturelles où il se produit des fluctuations fréquentes (Joy et coll., 1995).

Cette étude suggère que le concept d'élevage complètement à l'intérieur d'un insecte sauvage, le ver à soie tasar, qui était inconcevable il y a quelques années, a atteint un stade de semi-domestication grâce aux efforts concertés des sériciculteurs. Bien qu'il y ait une diminution de la mortalité, moins de problèmes de parasites et de prédateurs, il faut améliorer la taille des larves et les paramètres des cocons dans un but commercial. Nous standardisons le matériel dans notre laboratoire en vue d'augmenter encore l'humidité et de réguler l'intensité de la lumière dans la pièce d'élevage en utilisant des humidificateurs et en recouvrant de rideaux de vétiver (*Vetiveria zizanioides*, Famille Poaceae) vaporisés avec de l'eau autour des tables d'élevage et on conseille l'utilisation de pots en terre remplis d'eau plutôt que des bocaux coniques, pour assurer un apport continu en eau et en humidité.

D'après cette étude, qui est basée sur l'élevage de deux pontes saines et l'élevage de 10 pontes saines qui est en cours, on peut conseiller l'élevage complètement à l'intérieur du ver à soie tasar avec un plus grand nombre de pontes saines, avec une humidité relative de 70 à 80 % et une température de 26 à 28° C, en fournissant un espacement adéquat, en suivant les mesures de désinfection, de nettoyage des litières, en fournissant des feuilles adaptées en fonction du stade larvaire et en faisant attention pendant la mue. Puisque, dans cette étude, le concept d'élevage à l'intérieur implique de nourrir les vers 2 à 3 fois par jour, on suggère aussi d'augmenter la surface de plantes hôtes cultivées pour assurer un apport continu en nourriture aux vers. Puisque l'élevage tasar est considéré comme un outil dans le cadre de l'amélioration de l'environnement et de la forêt du point de vue social dans les zones arrières (Kapila, 1989), on peut aussi considérer la protection et la plantation de ces plantes hôtes comme une activité forestière durable puisqu'un ferme effort de boisement contribue aussi au maintien des forêts tasar et donc de l'élevage tasar (Alok Sahay et coll., 1991).

L'élevage tasar présente des contraintes majeures : sa faible fécondité et les mauvais caractères de son cocon, mais on considère l'amélioration génétique par la sélection avec des parents aux caractères désirables et significatifs sur le plan commercial comme un outil pour améliorer la fécondité, le poids de la coque et d'autres caractères commerciaux du cocon (Manohar, 2008). Il convient aussi de faire des efforts pour poursuivre les élevages réalisés à partir d'œufs élevés à l'intérieur, afin de perpétuer l'élevage à l'intérieur.

EVALUATION OF PHYSICAL AND COMFORT PROPERTIES OF MULBERRY, WHITE ERI & RED ERI SPUN SILK YARN WOVEN FABRICS

KARIYAPPA¹, P. M. DAMODARA RAO² & T. H. SOMASHEKAR²

1. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Manandawadi road, Srirampura, Mysore- 570008, India.

2. Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Madiwala road, Bangalore-560068, India.

In this paper mulberry, white eri and red eri pierced cocoons have been successfully spun on worsted system of spinning and produced 2/60^sN_m, 2/80^sN_m and 2/120^sN_m spun silk yarns, from these yarns plain fabrics were woven on power loom using 2/60^sN_m yarn in warp and 2/60^sN_m, 2/80^sN_m and 2/120^sN_m yarn in the weft in each variety of silk. These yarns and fabrics were tested for mechanical properties, according to international standard testing methods. The results have been compared and analyzed as per the requirement of the industry. The results of the investigation thoroughly discussed. From this study it is revealed that both eri spun silk fabrics are durable, soft, and have best crease resistance and aesthetic, tactile and thermal comfort properties than Mulberry spun silk fabrics

Keywords: Mulberry, white eri, Red Eri spun silk yarn fabric, Breaking strength, elongation %, tearing strength, water repellency, fabric mass, Air permeability, Pilling resistance, Abrasion resistance, Cover factor, Drape coefficient, Bursting strength, Thickness, Stiffness, Thermal insulation value ,comfort.

INTRODUCTION

Man is always curious for silk products. Silk, the Queen of Textiles spells luxury, elegance, class and comfort. Mankind has always loved this shimmering fibre of unparalleled grandeur. It withstood many a daunting challenges from other natural and artificial fibres and yet, remained the undisputed Queen of Textiles since centuries. Exquisite qualities like the natural sheen, inherent affinity for dyes and vibrant colours, high absorbent, light weight, resilience. It is the strongest natural fabric. It is comfortable and has a very good absorbent quality and excellent drapes, which have made silk, the irresistible and inevitable companion of the eve, all over the world. In order to judge the suitability of a fibre for different end-uses such as clothing and industrial uses, it should have certain desirable properties.

There are four major types of silk of commercial importance, obtained from different species of silkworms which in turn feed on a number of food plants. These are: Eri, Muga, Mulberry, and Tasar, except mulberry, other varieties of silks are generally termed as non-mulberry silks i.e. Vanya Silks. India has the unique distinction of producing all these commercial varieties of silk. They are dull with coarse hand and texture. Chemically speaking, these varieties of silk are made of proteins secreted in the fluid state by a caterpillar, popularly known as 'silkworm'. These silkworms feed on the selected food plants and spin cocoons as a 'protective shell' to perpetuate the life.

There are two type of Eri cocoons Red eri and white eri, Eri cocoons are mouth opened and not suitable for reeling to produce continuous filament to get finer quality silk Unlike mulberry, Tasar and Muga and are fit for spinning, The Eri worms feed on Castor and tapioca plants and mulberry worms feeds on Mulberry plants. Now international quality spun silk yarn can be produced from both types of eri cocoons, Yarn produced from eri cocoons can be woven on power loom as well as high speed shuttleless loom. In this study pierced cocoons of Mulberry, White eri and red eri cocoons have been taken, degummed, spun on worsted system of spinning and produced 2/60^sN_m, 2/80^sN_m and 2/120^sN_m spun silk yarn in each Variety of silk (Kariyappa¹). The plain fabrics were woven on power loom from each variety of silk by keeping 2/60^sN_m in warp and varying yarn count 2/60^sN_m, 2/80^sN_m and 2/120^sN_m in the weft.

Table I. Statement of mulberry, white and red Eri fiber parameters.

Tableau I. Présentation des paramètres des fibres du mûrier et de l'eri blanc et rouge.

Sl. No	Particulars	Mulberry	Brick red Eri	White Eri
No. d'ordre	Paramètres	Mûrier	Eri rouge brique	Eri blanc
1	Fibre fineness (micron) / <i>Finesse de la fibre (microns)</i>	14.33	16.51	15.05
2	Std. Deviation of fineness / <i>Ecart type de la finesse</i>	3.95	4.31	4.26
3	Whiteness index / <i>Indice de blancheur</i>	63.96	43.07	54.90
4	Yellowness index / <i>Indice de jaunissement</i>	5.59	10.838	7.8
5	Specific gravity of fibre / <i>Gravité spécifique de la fibre</i>	1.296	1.307	1.305
6	Fibre bundle strength (g/t) / <i>Force du paquet de fibres (g/t)</i>	42	29.4	31.1
7	Fibre elongation % / <i>% d'allongement de la fibre</i>	9.4	11	13.2
8	Moisture content (Wet) / <i>Teneur en eau (mouillées)</i>	10.69	9.69	10.55
9	Moisture regain (Dry) / <i>Regain d'humidité (sèches)</i>	9.66	8.83	9.54
10	Denier / <i>Titre</i>	1.89	2.37	2.08

Thus the study was carried out to know the Physical & comfort properties of white and red eri spun silk fabrics compared with Mulberry spun silk fabrics. The fibre specifications used for the study is given in Table I.

MATERIAL AND METHODS

1. White and red eri cocoons were purchased from Assam and Mulberry Cut cocoons were taken from CSTR I degummed and produced $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ and $2/120^S N_m$ spun silk yarns at M/s Kareem silks on worsted system of spinning.

2. From the above yarn the plain fabrics were woven on power loom at CSTR I with particulars of Reed 60, PPI 42 and width 54 inch as given below.

White eri spun silk fabrics:

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ white Eri spun silk fabric 4.82 meter
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ white Eri spun silk fabric 4.14 meter
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ white Eri spun silk fabric 4.21 meter

Mulberry spun silk fabrics:

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ Mulberry spun silk fabric 4.35 meter
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ Mulberry spun silk fabric 4.29 meter
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ Mulberry spun silk fabric 4.37 meter
- $2/60^S N_m \times 2/140^S N_m$ Mulberry spun silk fabric 4.02 meter

Red eri spun silk fabrics:

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ Red Eri spun silk fabric 4.6 meter
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ Red Eri spun silk fabric 3.9 meter
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ Red Eri spun silk fabric 4.35 meter

Tests:

1. The yarns produced were subjected to the following tests.

• Yarn unevenness and imperfection have been measured by using Uster 3, 5. Replications have been taken for each sample. Yarn speed 400 meter per min, time 1 min and tension 37.5%.

• Tensile and elongation properties of spun silk yarns were measured by using Instron tensile tester model no 5000R using IS 1670-1991 testing method - 500 mm GL 20 sec. In this 20 samples of yarn were taken for each variety of silk.

2. The fabrics produced were subjected to the following tests:

- Weight per square meter of the fabric was measured as per IS 1964-2001.
- Thickness of fabric was measured as per IS 7702-1975.
- Air permeability of the fabric was measured as per IS 11056-1984 PROLIFIC air permeability tester.
- Bursting strength was measured as per IS 1966-1975.
- Tearing strength of the fabric was measured as per IS 6489-1993.
- Tensile strength and elongation of the fabric was measured as per IS 1969-1985, Instron 50 $\times$ 200 mm strip 300 m/min.
- The drape of sample was measured as per IS 8357 1977 4 specimens.
- The Abrasion resistance of fabric was measured as per IS 12673- 1989 Martindale abrasion tester.
- The Crease recovery of fabric was measured as per IS 4681- 1981.
- The Bending length and flexural rigidity was measured as per IS 6490-1971.
- The Water repellency of fabric was measured as per IS 390 1975 4 specimens.

- The Pilling resistance of fabric was measured as per IS 1097-1964.
- Thermal insulation value was measured in (guarded hot plat method)-Thermolabo-II Wind speed -1m/sec 3 samples per specimen

Statistical analysis:

Yarn and Fabric parameters were analyzed through Two-way analysis of variance (ANOVA) i.e general linear model, multivariate post hoc, least significant difference descriptive statistics using SPSS 11.5 and for critical difference windostat package.

RESULTS & DISCUSSION

1. Analysis of Yarn parameter:

The mulberry, white eri and red eri spun silk yarn were tested for the following parameters.

Uster evenness% :

The Average values and Critical difference at 5 % of Um%, Cvm%, Cvm (1m)% are given in Table II, From the Table it is observed that Um%, Cvm%, Cvm (1m)% are highest in Red eri spun silk yarn followed by, White eri and least in case of mulberry spun silk yarn. From ANOVA Table III it is observed that effect of variety of silk, variety of yarn count and interaction effects are significantly effecting on Uster evenness properties. This is due to the fact that fibre fineness and variation of fibre fineness is least in mulberry silk fibre followed by white eri and highest in case of red eri silk fibre as depicted in Table I, these parameters influence the Uster evenness percentage. As count of yarn increases, evenness also increases because the no. of fibres in the yarn cross section reduces.

Thin places and thick places:

The Average values and Critical difference at 5 % of Thin places (- 50%) and thick places (+50%) are given in Table II, From the Table it is observed that Thin places (- 50%) and thick places (+50%) are highest in Red eri spun silk yarn followed by White eri and least in case of mulberry spun silk yarn. From ANOVA Table III, it is observed that effect of variety of silk, yarn count and interaction effect is significant effect on yarn thin places (- 50%) and thick places (+50%) but not on thick places (+100%). This is due to the fact that fibre fineness and variation of fibre fineness is least in mulberry silk fibre followed by white eri and highest in red eri silk fibre as depicted in Table I, these parameters influence thin and thick places.

Neps:

The Average values and Critical difference at 5 % of Neps count are given in Table II, From the Table it is observed that Neps counts are highest in Red eri spun silk yarn followed by White eri and least in case of mulberry spun silk yarn. From ANOVA Table III it is observed that effect of variety of silk and interaction effect is not significant in all varieties of neps count, but these have significant effect on Neps (+140%), but yarn count has a significant effect on all varieties of neps count. As count of yarn increases Neps count in spun silk yarn increases. This is due to the fact that fibre length distribution and fibre shape factors mainly influences the neps count, therefore Red eri has a higher fibre length distribution than white eri and mulberry as a result, there are highest neps counts in red eri compared to white eri and mulberry spun silk yarns.

Hairiness (-) and standard deviation of hairiness Sh (-):

The Average values and Critical difference at 5 % of Hairiness (-) and Sh (-) are given in Table II, From the table it is observed that Hairiness is highest in white eri followed by red eri and least in case of Mulberry spun silk yarn.

Table. II. Evenness, Imperfection and mechanical properties of Mulberry, White eri and Red spun silk yarns.

Tableau II. Propriétés de régularité, mécaniques et imperfections des fils de soie de mûrier, d'eri blanc et d'eri rouge filés.

Yarn count	Count 2/60 ⁵ N _m			Count 2/80 ⁵ N _m			Count 2/120 ⁵ N _m			SE±	CD at 5%
Per / 100 km	Mulberry	White Eri	Red Eri	Mulberry	White Eri	Red Eri	Mulberry	White Eri	Red Eri		
Numéro du fil	Numéro 2/60 ⁵ N _m			Numéro 2/80 ⁵ N _m			Numéro 2/120 ⁵ N _m				
Pour / 100 km	Mûrier	Eri blanc	Eri rouge	Mûrier	Eri blanc	Eri rouge	Mûrier	Eri blanc	Eri rouge	Ecart type	DC à 5 %
Evenness properties / Propriétés de régularité											
Um %	7.40	8.93	10.90	8.62	10.15	11.17	9.65	14.18	14.17	0.2865	0.8219
Cv m %	9.57	11.34	13.82	11.05	12.84	14.29	12.32	17.98	18.00	0.3845	1.1030
Cvm (1m) %	5.74	6.87	7.33	6.67	8.28	10.17	7.45	11.10	10.36	0.4792	1.3746
Imperfection properties / Imperfections											
Thin Places (-50%) / Parties fines (- 50 %)	0	0	6	0	2	6	0	66	65	3.1767	22.7800
Thick Places (+ 50%) / Parties épaisses (+ 50 %)	11	6	10	20	10	18	30	69	74	2.5114	18.0100
Thick Places (+ 100%) / Parties épaisses (+ 100 %)	1	0	0	2	2	2	3	6	4	0.8580	6.1500 ^{Ns}
Neps (+ 140 %) / Bouchons (+ 140 %)	25	27	37	35	34	45	84	117	126	3.5464	25.4300
Neps (+ 200 %) / Bouchons (+ 200 %)	12	14	18	18	10	22	36	44	47	1.7456	12.5200
Neps (+ 280 %) / Bouchons (+ 280 %)	9	4	10	12	6	15	22	22	20	1.6000	11.4700
Neps (+ 400 %) / Bouchons (+ 400 %)	4	3	6	6	4	8	7	13	12	1.0000	7.1700 ^{Ns}
Index (-) / Indice (-)	1.27	1.62	1.75	1.32	1.66	1.86	1.4	1.86	2.09	0.0524	0.1503
Hairiness (-) / Pilosité (-)	2.62	2.95	2.67	2.88	3.14	3.12	3.27	3.38	3.25	0.0698	0.1984
Sh (-)	0.77	1.01	0.92	0.83	1.00	0.95	0.83	1.15	1.00	0.0250	0.0717
Mechanical properties / Propriétés mécaniques											
Breaking Force (gf) / Force de rupture (gf)	878.79	870.78	677.70	590.115	622.22	462.38	377.79	359.39	277.59	12.5292	34.9760
Elongation (%) / Allongement (%)	10.89	23.33	21.26	8.62	20.75	18.36	8.15	18.93	18.13	0.0312	0.8410
Tenacity (gf / den) / Résistance (gf / den)	2.74	2.43	2.07	2.55	2.40	2.07	2.51	2.30	1.77	0.0547	0.1527
B-Work (Kf.cm) / Travail B (Kf. Cm)	11.65	22.31	17.13	6.46	14.87	10.37	4.10	7.94	6.07	0.6358	1.7749
Young's modulus (gpd) / Module de Young (gpd)	58.30	21.50	27.51	69.08	39.27	37.48	71.46	40.45	47.67	0.8589	2.3976

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

CD = Critical difference / Différence critique.

Hairiness increases with increase of yarn count in all varieties of spun silk yarn. From ANOVA Table III it is observed that variety of silk and yarn count have a significant effect on Hairiness, but interaction effect is not significant. This is due to the fact that short fibre percentage has a high influence on hairiness as a result highest hairiness was found in White Eri because it has highest short fibre percentage than red eri and mulberry spun silk yarns.

Index of Irregularity (-):

The Average values and Critical difference at 5 % of Index of Irregularity (-) are given in Table II, from the Table it is observed that Index of Irregularity (-) increases with increase of yarn count in all three varieties of spun silk yarn. Index of Irregularity (-) is highest in red eri spun silk yarn followed by white eri and least in case of Mulberry spun silk yarn. From ANOVA Table III, it is observed that variety of silk and yarn count have a significant effect on Index of Irregularity (-), interaction effect is not significant. This is due to the fact that the fibre diameter, diameter variation, fibre length distribution is highest in red eri, followed by white eri and least in Mulberry silk fibre which influences the index of irregularity, beside these, yarn evenness, imperfections have also an influence.

2. Mechanical properties of spun silk yarns:

Mechanical properties of mulberry, white eri and red eri spun silk yarn were tested on Instron machines, it gives the following important parameters and these parameters are very important to decide end uses of the yarn and fabric.

Breaking force (gf):

The Average values and Critical difference at 5 % of Breaking force (gf): are given in Table II, from the Table it is observed that breaking force (gf) of mulberry spun silk yarn is highest followed by white eri and least in case of red eri spun silk yarn. The Breaking force (gf) reduces with increases of yarn count because the number of fibres get reduced in the cross section. From ANOVA Table III it is observed that Effects of variety of silk, yarn count and interaction effect have a significant effect on breaking force. This is due to the fact that Mulberry and white eri fibres are stronger and finer than red eri fibre as a result Mulberry and white eri spun silk yarn are stronger than red eri spun silk yarn.

Elongation (%):

The Average values and Critical difference at 5 % of elongation percentage are given in Table II, from the Table it is observed that elongation percentage of white eri spun silk yarn is highest followed by red eri and least in case of mulberry spun silk yarn. The elongation percentage reduces with increases of yarn count because the number of fibres get reduced in the yarn cross section. From ANOVA Table III, variety of silk, yarn count and interaction effect have a significant effect on yarn elongation percentage. This is due to the fact that elongation percentage of White eri silk fibre is highest followed by red eri and least in case of mulberry fibre which influences the yarn elongation percentage.

Tenacity (gpd):

The Average values and Critical difference at 5 % of Tenacity (gpd) are given in Table II, from the Table it is observed that Tenacity (gpd) of mulberry spun silk yarn is highest followed by white eri and least in case of red eri spun silk yarn. The Tenacity (gpd) reduces with increases of yarn count because the number of fibre get reduced in the yarn cross section. From ANOVA Table III it is observed that variety of silk, and yarn count have a significant effect on Tenacity, but there is no interaction effect. This is due to fact that Mulberry and white eri fibres are stronger and finer than red eri fibre as a result Mulberry and white eri spun silk yarn are stronger than red eri spun silk yarn.

Table. III. ANOVA.

Tableau III. ANOVA.

Tests of Between-Subjects Effects / Test des effets entre sujets						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	<i>Variable dépendante</i>	<i>Somme des carrés type III</i>	<i>dl</i>	<i>Carré moyen</i>		
Variety <i>Variété</i>	Um %	95.01	2	47.50	119.72	0.00
	Cvm %	152.23	2	76.11	110.82	0.00
	Cvm (1m)%	59.54	2	29.77	28.08	0.00
	Index (-) / <i>Indice (-)</i>	2.38	2	1.19	86.62	0.00
	Thin places (-50%) / <i>Parties fines (- 50 %)</i>	947.78	2	473.89	8.80	0.00
	Thick places (+50%)	227.73	2	113.87	3.41	0.04
	<i>Parties épaisses (+ 50 %)</i>					
	Thick places (+100%)	0.58	2	0.29	0.19	0.82
	<i>Parties épaisses (+ 100 %)</i>					
	Neps (+140%) / <i>Bouchons (+ 140 %)</i>	546.84	2	273.42	7.41	0.00
	Neps (+200%) / <i>Bouchons (+ 200 %)</i>	65.91	2	32.96	2.12	0.13
	Neps (+280%) / <i>Bouchons (+ 280 %)</i>	25.38	2	12.69	0.91	0.41
	Neps (+400%) / <i>Bouchons (+ 400 %)</i>	15.24	2	7.62	1.55	0.23
	Hairiness (-) / <i>Pilosité (-)</i>	0.41	2	0.21	8.13	0.00
	Standard deviation of Hairiness (Sh(-))	0.45	2	0.23	72.33	0.00
	<i>Ecart type de la pilosité (Sh(-))</i>					
	Max- load (gf)	829039.39	2	414519.694	117.804	0.000
	<i>Charge maximum (gf)</i>					
	Tenacity / <i>Résistance</i>	12.22	2	6.110	97.643	0.000
	Elongation (%) / <i>Allongement (%)</i>	4849.54	2	2424.769	1175.736	0.000
	Young's modulus (gpd)					
	<i>Module de Young (gpd)</i>	45883.92	2	22941.961	1768.551	0.000
	B-work (kgf-mm) / <i>Travail B (kgf-mm)</i>	1749.59	2	874.797	222.066	0.000
Treatment <i>Traitement</i>	Um%	103.29	2	51.65	130.15	0.00
	Cvm%	165.56	2	82.78	120.53	0.00
	Cvm(1m)%	67.60	2	33.80	31.89	0.00
	Index (-) / <i>Indice (-)</i>	0.45	2	0.22	16.17	0.00
	Thin places (- 50%)	2734.04	2	1367.02	25.38	0.00
	<i>Parties fines (- 50 %)</i>					
	Thick places (+50%)	3254.80	2	1627.40	48.72	0.00
	<i>Parties épaisses (+ 50 %)</i>					
	Thick places (+100%)	14.98	2	7.49	5.03	0.01
	<i>Parties épaisses (+ 100 %)</i>					
	Neps (+140%) / <i>Bouchons (+ 140 %)</i>	9186.98	2	4593.49	124.41	0.00
	Neps (+200%) / <i>Bouchons (+ 200 %)</i>	1183.51	2	591.76	38.10	0.00
	Neps (+280%) / <i>Bouchons (+ 280 %)</i>	234.84	2	117.42	8.41	0.00
	Neps (+400%) / <i>Bouchons (+ 400 %)</i>	53.51	2	26.76	5.42	0.01
	Hairiness (-) / <i>Pilosité (-)</i>	2.32	2	1.16	45.94	0.00
	Standard deviation of Hairiness (Sh(-))					
	<i>Ecart type de la pilosité (Sh(-))</i>	0.08	2	0.04	12.23	0.00
	Max- load (gf) /	6660142.51	2	3330071.256	946.387	0.000
	<i>Charge maximum (gf)</i>					

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

Tests of Between-Subjects Effects / <i>Test des effets entre sujets</i>						
Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	<i>Variable dépendante</i>	<i>Somme des carrés type III</i>	<i>dl</i>	<i>Carré moyen</i>		
	Tenacity (gpd) / <i>Résistance (gpd)</i>	1.48	2	0.741	11.838	0.000
	Elongation (%) / <i>Allongement (%)</i>	381.57	2	190.784	92.508	0.000
	Young's modulus (gpd)					
	Module de Young (gpd)	6430.28	2	3215.138	247.849	0.000
	B-work (kgf-mm)					
	Travail B (kgf-mm)	3661.40	2	1830.701	464.720	0.000
	Um%	17.97	4	4.49	11.32	0.00
	Cvm %	26.98	4	6.75	9.82	0.00
Variety *	Cvm (1m)%	15.08	4	3.77	3.56	0.02
Treatment	Index (-) / <i>Indice (-)</i>	0.10	4	0.03	1.85	0.14
Variété *	Thin places (- 50%)	1378.49	4	344.62	6.40	0.00
Traitement	Parties fines (- 50 %)					
	Thick places (+50%) / <i>Parties épaisses (+ 50 %)</i>	763.07	4	190.77	5.71	0.00
	Thick places (+100%) / <i>Parties épaisses (+ 100 %)</i>	2.76	4	0.69	0.46	0.76
	Neps (+140%) / <i>Bouchons (+ 140 %)</i>	351.56	4	87.89	2.38	0.07
	Neps (+200%) / <i>Bouchons (+ 200 %)</i>	37.69	4	9.42	0.61	0.66
	Neps (+280%) / <i>Bouchons (+280 %)</i>	34.62	4	8.66	0.62	0.65
	Neps (+400%) / <i>Bouchons (+ 400 %)</i>	14.22	4	3.56	0.72	0.58
	Hairiness (-) / <i>Pilosité (-)</i>	0.15	4	0.04	1.48	0.23
	Standard deviation of Hairiness (Sh(-)) / <i>Ecart type de la pilosité (Sh(-))</i>	0.02	4	0.01	1.94	0.12
	Max- load (gf) / <i>Charge maximum (gf)</i>	89260.89	4	22315.222	6.342	0.000
	Tenacity (gpd) / <i>Résistance (gpd)</i>	0.46	4	0.115	1.840	0.123
	Elongation (%) / <i>Allongement (%)</i>	21.17	4	5.293	2.567	0.040
	Young's modulus(gpd) / <i>Module de Young (gpd)</i>	1210.45	4	302.613	23.328	0.000
	B-work (kgf-mm) / <i>Travail B (kgf-mm)</i>	243.32	4	60.830	15.442	0.000

B-work (Kgf-cm):

The Average values and Critical difference at 5 % of B-work (gf-cm) are given in table II, from the table it is observed that B-work (gf-cm) of white eri spun silk yarn is highest followed by red eri and least in case of mulberry spun silk yarn. The B-work (gf-cm) reduces with increases of yarn count because the number of fibres get reduced in the cross section. From ANOVA Table III it is observed that variety silk, yarn count and interaction effect have a significant effect on B-work. This is due to the fact that B-work (gf-cm) is related to area under the load elongation curve. The load elongation curve of White eri is highest followed by red eri and least incase of Mulberry silk fibre which influences B-work (gf-cm) of spun silk yarn.

Young's modulus (gpd):

The Average values and Critical difference at 5 % of young's modulus are given in Table II, from the Table it is observed that young's modulus of mulberry spun silk yarn is highest followed by red eri and least in case of white eri spun silk yarns. The young's modulus increases with increases of yarn count because the number of fibres get reduced in the cross section. From ANOVA Table III it is observed that variety of silk, yarn count and interaction effect have a significant effect on young's modulus. This is due to the fact that young's modulus is related to extensibility of silk fibre, the higher the extensibility, the lower the young's modulus and vice-versa.

3. Mechanical properties spun silk fabrics:

Mechanical properties of mulberry, white eri and red eri spun silk fabric were tested as per international testing methods, it gives the following important parameters and these parameters are very important to decide end uses of fabric.

Breaking strength (kg):

Breaking strength (kg) is the maximum amount of tensile stress that it can be subjected to before failure. The definition of failure can vary according to type of a material. The average results and critical difference at 5% are given in Table IV, from Table it is observed that the breaking strength (g) of Mulberry fabric in warp way and weft way is highest followed by white eri and least in red eri spun silk fabric irrespective of weft yarn count. Breaking strength of fabric in warp way increases with increases of weft yarn count in the fabric, this is due to fact that as weft count increases, the weft assistance in the fabric reduces as a results the warp breaking strength is higher (Bharat Laxmikant Lalan Shaha 2002). From Table IV it is observed that the breaking strength (g) of fabric weft way reduces with increases of weft count in all three varieties of spun silk fabric because the number of fibres get reduced as count increases. From ANOVA Table V it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction have a significant effect on breaking strength (g) of fabric in both warp way and weft way . This is due to the fact that tensile strength of fibre and yarn has influenced the fabric strength in all the three varieties of fabrics.

Elongation (%):

Elongation percentage is the extensibility of fabric at breaking point. The definition of elongation percentages can vary according to type of a material. The average results and critical difference at 5% are given in Table IV, from Table it is observed that the elongation percentage of white eri fabric is highest followed by red eri and least in case of Mulberry fabric in both warp way and weft way. The elongation percentage of spun silk fabric in warp way is more than weft way in all three varieties of silk. The elongation percentage decreases with increase of weft count in each varieties of silk; this is due to fact that elongation percentage of silk fibre and yarn influence the elongation percentage of fabric. During weaving process warp yarn gets more strain than weft yarn as a result more elongation is noticed in warp way. From ANOVA Table V, it is observed that varieties of silk, weft yarn count and interaction effects have a significant effect on the elongation percentage of fabric in both warp and weft way.

Tearing strength (g):

Tearing strength (g) is the measure of the resistance of either the warp or weft series of yarn in the fabric. The fabric that tears easily is regarded as an inferior product. The average results and Critical difference at 5% are given in Table IV, it is observed that there is jaw slippage noticed during warp way Tearing strength (g) testing in all three varieties of spun silk fabrics because of 2/60s spun silk yarn used in the warp in all the varieties of fabrics as a result tearing strength of the fabric exceeds the machine capacity.

Table IV. Physical and comfort properties of mulberry, white eri and red eri spun silk fabrics.

Tableau IV. Propriétés physiques et de confort des tissus de soie mûrier, d'eri blanc et d'eri rouge filée.

Sl no.	Fabric properties		Mulberry (2/60 x 2/60)	Mulberry (2/60 x 2/80)	Mulberry (2/60 x 2/120)	White Eri (2/60 x 2/60)	White Eri (2/60 x 2/80)	White Eri (2/60 x 2/120)	Red Eri (2/60 x 2/60)	Red Eri (2/60 x 2/80)	Red Eri (2/60 x 2/120)	Standard Error	CD at 5%
No. d'ordre	Propriétés du tissu		Mûrier (2/60 x 2/60)	Mûrier (2/60 x 2/80)	Mûrier (2/60 x 2/120)	Eri Blanc (2/60 x 2/60)	Eri Blanc (2/60 x 2/80)	Eri Blanc (2/60 x 2/120)	Eri rouge (2/60 x 2/60)	Eri rouge (2/60 x 2/80)	Eri rouge (2/60 x 2/120)	Ecart type	DC à 5 %
1	Linear Density (Nm) Densité linéaire (Nm)	Warp	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	2/60 ^s	NA	NA
		Chainé	2/60 ^s	2/80 ^s	2/120 ^s	2/60 ^s	2/80 ^s	2/120 ^s	2/60 ^s	2/80 ^s	2/120 ^s	NA	NA
2	Threads / Fils	Trame											
		Ends/in	62	62	62	62	62	62	62	62	62	NA	NA
		Extrémités / dans											
		Picks/in	44	44	44	44	44	44	44	44	44	NA	NA
		Compte de fils dans											
3	Breaking strength (kgf) Résistance à la rupture (kgf)	Warp	104.56	103.43	110.99	82.67	95.232	97.65	72.57	79.02	82.06	18.266	5.3460
		Chainé	82.78	53.6	19.9	73.53	57.57	31.16	52.54	38.52	26.65	8.578	2.5106
4	Elongation% % d'allongement	Trame											
		Warp	25.40	20.22	16.00	33.57	32.565	31.83	28.82	27.48	25.08	0.3524	1.0107
		Chainé	18.32	15.02	9.52	25.688	25.082	23.34	25.08	23.48	21.80	0.38069	1.0919
		Trame											
		Warp	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	Jaw	NA	NA
5	Tearing strength (g) Résistance au déchirement (g)	Chainé	slippage	slippage	slippage	slippage	slippage	slippage	slippage	slippage	slippage		
		Trame	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire	Glisse- ment de la mâchoire		
		Warp	4314	4250	2560	5500	4378	3354	2138	1523	998.4	58.75	168.9155
		Chainé											
		Trame											

** Significant at 5% / Significatif à 5 %. CD = Critical difference / Différence critique. Warp / Chainé. Weft / Trame.

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

SI no.	Fabric properties		Mulberry (2/60 x 2/60)	Mulberry (2/60 x 2/80)	Mulberry (2/60 x 2/120)	White Eri (2/60 x 2/60)	White Eri (2/60 x 2/80)	White Eri (2/60 x 2/120)	Red Eri (2/60 x 2/60)	Red Eri (2/60 x 2/80)	Red Eri (2/60 x 2/120)	Standard Error	CD at 5%
No. d'ordre	Propriétés du tissu		Mûrier (2/60 x 2/60)	Mûrier (2/60 x 2/80)	Mûrier (2/60 x 2/120)	Eri Blanc (2/60 x 2/60)	Eri Blanc (2/60 x 2/80)	Eri Blanc (2/60 x 2/120)	Eri rouge (2/60 x 2/60)	Eri rouge (2/60 x 2/80)	Eri rouge (2/60 x 2/120)	Ecart type	DC à 5 %
6	Crease Rec. angle (1n Degrees) Angle de défroissage (en degrés)	Warp Weft Total	92 90 182	93 90 183	93 91 184	93 89 192	92 88 190	95 93 188	96 93 189	95 92 187	94 91 185	NA NA 0.8630	NA NA 2.4753
7	Fabric mass (g/m ²) Masse du tissu (g/m ²)		163.5	144.88	125.40	169.4	155.1	131.9	167	155	135	0.44842	1.3900
8	Air Permeability (m ³ /m ² /min) Perméabilité à l'air (m ³ /m ² /min)		20.3	23	28.6	25.64	25.8	30.3	26.47	29.64	34.63	0.9046	2.5946
9	Water permeability Rating Evaluation de la perméabilité à l'eau		0	0	0	0	0	0	0	0	0	NA	NA ^{Ns}
10	Pilling resistance (rating) Résistance au boulochage (évaluation)		5	5	5	5	5	5	5	5	5	NA	NA ^{Ns}
11	Abrasion resistance (no. of rubs) Résistance à l'abrasion (nbre de frottements)		750	622	685	604	475	383	538	520	429	64.472	184.915 ^{Ns}
12	Cover factor Facteur de couverture	Warp Weft Overall Ensemble	15.03 10.46 19.88	15.03 9.82 19.58	15.03 7.29 18.43	15.03 10.46 19.88	15.03 9.82 19.58	15.03 7.29 18.43	15.03 10.46 19.88	15.03 9.82 19.58	15.03 7.29 18.43	NA NA NA	NA NA NA
13	Drape coefficient (%) Coefficient de drapé (%)		41.00	39.00	38.8	44.76	39.92	30.32	38.59	33.66	30.28	2.3183	6.649
14	Bursting strength (kgf/cm ²) Résistance à l'éclatement (kgf/cm ²)		18.3	14.3	11.6	17.56	16.2	12.96	14.52	12.72	11.336	1.383	3.9667
15	Thickness (mm) / Epaisseur (mm)		0.387	0.378	0.323	0.465	0.426	0.367	0.513	0.445	0.395	0.00357	0.01023
16	Flexural rigidity Stiffness (mg-cm) Raideur de la rigidité flexurale (mg-cm)	Warp Weft Overall Ensemble	171.7 237.5 201.9	145.9 156.3 151	147.2 49.6 85.4	150.3 200.8 173.7	186.6 152 168.2	196.36 58.18 107.414	168.88 156.04 162.34	172.18 118.28 142.71	191.03 59.9 107.02	14.28937 7.8914 8.9457	40.98408 22.6336 25.6518
17	Thermal insulation value (Tog) Valeur de l'isolation thermique (Tog)		0.8576	0.8577	0.8658	0.8767	0.8599	0.8475	0.9383	0.8716	0.7813	0.00191	0.0055

Tearing strength (g) in weft way of White eri spun silk fabric is highest followed by mulberry and least in red eri spun silk fabric irrespective of weft yarn count, tearing strength decreases with increases of weft count in the fabric, from ANOVA Table V it is observed that effect of varieties of silk, weft yarn count and interaction effects have a significant effect on the tearing strength of fabric in both warp and weft way.

This is due to the fact that white Eri fibre and yarn tensile strength and elongation % are higher than the Mulberry and red eri silk fibre, it influences fabric tearing strength as a result, there is a higher tearing strength in white eri spun silk fabrics..

Fabric mass (g/m²):

This is measure of weight of fabric in grams per square meter. The comparative results and Critical difference at 5% are given in Table IV; it is observed that fabric mass per square meter of white Eri spun silk fabric is highest followed by red eri and least in Mulberry. The fabric weight decreases with increases of weft yarn count in all three varieties of spun silk fabrics. From ANOVA Table V, it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects have a significant effect on the fabric. This is due to the fact that density and fineness of the fibre play a very important role in deciding the fabric weight. Density of white eri is higher than red eri and mulberry as a results white eri fabric weight is at higher side.

Air permeability (m³/m²/min):

Air permeability is reciprocal of the air resistance. The average results and critical difference at 5% are given in Table IV; it is observed that air permeability of fabric is highest in Red eri followed by white eri and least in case of mulberry spun silk fabrics. Air permeability increases with increases of weft yarn count in all three varieties of fabrics. From ANOVA Table V it is observed that variety of silk, weft yarn count have a significant effect on the Air permeability of fabrics but there is no interaction effect. This is due to the fact that the fineness of fibre play very important role in air permeability, finer fibre of mulberry silk gives higher packing density in the yarn than coarser fibre of eri fabrics as a result, which reduces the porosity in the yarn and fabric. Hence coarse fibre of red eri has higher air permeability than finer fibre of white eri and Mulberry spun silk fabrics (J.E.Booth text book).

Water repellency (rating):

High and uniform absorbency of water is a desirable quality of the fabric. Absorbency of fabrics is influenced by their wicking ability The absorbency is very important in quick evaporation of perspiration in under garment, absorption of water by towel, cleaning cloth, diapers, gauze and bandages. The comparative results and Critical difference at 5% are given in table IV; it is observed that water repellency (rating) of all fabrics is Zero. This is due to the fact that all the three varieties of spun silk fabrics are hygroscopic in nature.

Pilling resistance (rating):

Pilling is tufts of entanglement of fibers which are attached to the surface of the cloth and they look like small pills. In certain fibres, pills are generated during the course of wear. Testing of this property is very important especially for fabrics meant for shirts, blouse, suits, skirts, etc. The comparative results and Critical difference at 5% are given in Table IV. It is observed that no pilling was noticed in Mulberry, White eri and red eri spun silk fabrics.

Abrasion resistance (no of rubs):

Abrasion is just one aspect of wear and is rubbing away the component fibers and the yarn of the fabric. The comparative results and Critical difference at 5% are given in Table IV; it is observed that

abrasion resistance of Mulberry spun silk fabric is highest followed by white eri and least in case of red eri spun silk fabrics. Abrasion resistance increases with increase of weft yarn count in Mulberry spun silk fabrics, but in case of white eri and red eri abrasion resistance decreases with increases of weft yarn count. From ANOVA table V it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects have no significant effect on the Abrasion resistance fabric. This is due to the fact that abrasion resistance is depending on fibre cross section shape, strength and yarn fineness.

Drape coefficient (%):

Drape is the ability of the fabric to assume a graceful appearance in use. It is an important factor of textiles materials, which allows fabric to orient itself into graceful folds or pleats as a result of force of gravity. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV, it is observed that drape coefficient of white eri spun silk fabric is highest followed by mulberry and least in case of red eri spun silk fabric. The drape coefficient decreases with increase of weft yarn count in all the three varieties of spun silk fabrics. From ANOVA table V it is observed that effect of variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on Drape coefficient of fabrics. This is due to the fact that a thickness and weight of the fabric affects the drape properties of spun silk fabrics.

Bursting strength (Kgf/cm²):

Bursting strength is the measure of fabric resistance to multidirectional force. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV. The Bursting strength of Mulberry fabric is highest followed by white eri and least in case of red eri fabric. Bursting strength of fabric reduces with increases yarn count in each variety of spun silk fabrics. From ANOVA Table V, it is observed that the variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on bursting strength of fabrics. This is due to the fact that silk fibre and yarn strength influence the fabric bursting strength.

Fabric thickness (mm):

Thickness is an important factor of the fabric. The thickness has a great impact on the drape and application of the fabric. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV it is observed that thickness of Red eri fabric is highest, followed by white eri and least incase of Mulberry spun silk fabric. Thickness of fabric reduces with increase of weft yarn count. From ANOVA Table V it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on fabric thickness. This is due to the fact that fabric thickness is influenced by fibre finesse and density. Red eri fibre is coarser than white eri and mulberry fibre as a result, red eri fabric is thicker than white eri and mulberry fabrics.

Flexural rigidity (Stiffness (mg-cm):

Fabric stiffness indicates the resistance of the fabric to bending and it is a key factor in the study of hand and drape. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV. It is observed that flexural rigidity of fabric is highest in Mulberry, followed by white eri and least in case of red eri fabric. The flexural rigidity of fabric reduces with increases of weft yarn count in each variety of silk fabrics. From ANOVA Table V, it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on overall flexural rigidity of fabrics. This is due to the fact that Flexural rigidity of fabric is inversely proportional to the fabric weight, as lesser the fabric weight is, the higher is the flexural rigidity in mulberry fabric and higher the fabric weight is, the lesser is the flexural rigidity in white eri spun silk fabrics.

Table. V. ANOVA

Tableau V. ANOVA.

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	<i>Variable dépendante</i>	<i>Somme des carrés Type III</i>	<i>dl</i>	<i>Carré moyen</i>		
Variety <i>Variété</i>	Fabric Mass / <i>Masse du tissu</i>	577.63	2	288.817	211.243	0.000
	Wp Twist / <i>Torsion de la chaîne</i>	1555.91	2	777.956	3.115	0.057
	Wt Twist / <i>Torsion de la trame</i>	6631.11	2	3315.556	4.734	0.015
	Thickness (mm) / <i>Épaisseur (mm)</i>	0.07	2	0.035	350.923	0.000
	Air permeability / <i>Perméabilité à l'air</i>	305.59	2	152.796	38.982	0.000
	BURSTING / <i>Éclatement</i>	56.77	2	28.387	170.095	0.000
	Crease recovery angle <i>Angle de défroissage</i>	344.04	2	172.022	43.489	0.000
	Warp B.L	0.02	2	0.010	0.548	0.583
	Warp F.R	954.95	2	477.475	0.537	0.589
	Wft B.L	0.24	2	0.122	12.156	0.000
	Wft F.R	12042.07	2	6021.035	16.048	0.000
	OVERALL / <i>ENSEMBLE</i>	1924.23	2	962.113	2.182	0.128
	Wt of paper / <i>Trame du papier</i>	0.34	2	0.169	5.832	0.006
	Drape coefficient % <i>% de coefficient de drapé</i>	345.53	2	172.765	5.832	0.006
	Wft (tearing) / <i>Trame (déchirement)</i>	63043413.33	2	31521706.667	2098.835	0.000
	Abrasion resistance <i>Résistance à l'abrasion</i>	15769.73	2	7884.867	0.304	0.740
	Warp Tensile / <i>Elasticité de la chaîne</i>	554734.16	2	277367.082	156.235	0.000
	Wft Tensile / <i>Elasticité de la trame</i>	192480.50	2	96240.250	252.885	0.000
	Warp E%	1025.91	2	512.953	813.133	0.000
	Wft E%	981.43	2	490.713	488.165	0.000
	TIV	0.00	2	0.000	2.436	0.102
Treatment <i>Traitement</i>	Fabric Mass / <i>Masse du tissu</i>	9666.53	2	4833.267	3535.100	0.000
	Wp Twist / <i>Torsion de la chaîne</i>	1284.98	2	642.489	2.572	0.090
	Wt Twist / <i>Torsion de la trame</i>	397.51	2	198.756	0.284	0.755
	Thickness (mm) / <i>Épaisseur (mm)</i>	0.03	2	0.016	153.648	0.000
	Air permeability / <i>Perméabilité à l'air</i>	392.64	2	196.320	50.086	0.000
	BURSTING / <i>Éclatement</i>	168.04	2	84.020	503.450	0.000
	Crease recovery angle <i>Angle de défroissage</i>	33.91	2	16.956	4.287	0.021
	Warp B.L	0.46	2	0.230	13.197	0.000
	Warp F.R	23813.63	2	11906.813	13.387	0.000
	Wft B.L	3.45	2	1.724	172.422	0.000
	Wft F.R	98446.21	2	49223.104	131.198	0.000
	OVERALL / <i>ENSEMBLE</i>	18822.80	2	9411.401	21.344	0.000
	Wt of paper / <i>Trame du papier</i>	0.48	2	0.241	8.319	0.001
	Drape coefficient % <i>% de coefficient de drapé</i>	492.87	2	246.434	8.319	0.001

Table V. Continued. / *Tableau V. Suite.*

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	<i>Variable dépendante</i>	<i>Somme des carrés Type III</i>	<i>dl</i>	<i>Carré moyen</i>		
	Weft (tearing) <i>Trame (déchirement)</i>	19555362.13	2	9777681.067	651.035	0.000
	Abrasion resistance <i>Résistance à l'abrasion</i>	148539.73	2	74269.867	2.862	0.070
	Warp Tensile / <i>Elasticité de la chaîne</i>	85966.51	2	42983.255	24.212	0.000
	Weft Tensile / <i>Elasticité de la trame</i>	1391070.15	2	695535.073	1827.617	0.000
	Warp E%	168.38	2	84.192	133.461	0.000
	Weft E%	185.69	2	92.843	92.361	0.000
	TIV	0.03	2	0.013	726.539	0.000
	Fabric mass / <i>Masse du tissu</i>	99.73	4	24.933	18.236	0.000
	Wp Twist / <i>Torsion de la chaîne</i>	709.69	4	177.422	0.710	0.590
	Wt Twist / <i>Torsion de la trame</i>	3444.62	4	861.156	1.229	0.316
	Thickness (mm) / <i>Epaisseur (mm)</i>	0.02	4	0.006	56.791	0.000
	Air permeability / <i>Perméabilité à l'air</i>	25.60	4	6.399	1.633	0.187
	BURSTING / <i>Rupture</i>	20.52	4	5.130	30.740	0.000
	Crease recovery angle <i>Angle de défroissage</i>	56.89	4	14.222	3.596	0.014
	Warp B.L	0.10	4	0.026	1.503	0.222
	Warp F.R	5347.54	4	1336.884	1.503	0.222
	Weft B.L	0.24	4	0.060	5.956	0.001
	Weft F.R	10964.78	4	2741.194	7.306	0.000
	OVERALL / <i>ENSEMBLE</i>	5604.25	4	1401.063	3.177	0.025
	Wt of paper / <i>Trame du papier</i>	0.53	4	0.132	4.568	0.004
	Drape coefficient % <i>% de coefficient de drapé</i>	541.30	4	135.325	4.568	0.004
	Weft (tearing) <i>Trame (déchirement)</i>	2142549.33	4	535637.333	35.665	0.000
	Abrasion resistance <i>Résistance à l'abrasion</i>	49802.13	4	12450.533	0.480	0.750
	Warp Tensile / <i>Elasticité de la chaîne</i>	32953.82	4	8238.456	4.641	0.004
	Weft Tensile / <i>Elasticité de la trame</i>	177442.24	4	44360.561	116.564	0.000
	Warp E%	91.94	4	22.985	36.436	0.000
	Weft E%	60.83	4	15.206	15.127	0.000
	TIV	0.04	4	0.010	522.086	0.000

Thermal Insulation value (TIV):

Thermal insulation value is the measure of the thermal properties of fabric. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV. It is observed that thermal property of Red eri spun silk fabric is highest, followed by white eri and least incase of mulberry spun silk fabric. The Thermal insulation value increase with increase of weft yarn count in mulberry spun silk fabrics because mulberry fibers are finer and more or less circular cross section, which gives good packing

density in yarn and fabrics as a result thermal properties increases with increases of weft yarn count, while in case of red eri and white eri TIV value decreases with increase of weft yarn count because yarn becomes finer air space in fabrics increases, as a result the thermal insulation value is reduced. Flatness of fibre in both eri silk fabrics will cling and trap air between the fibre, which results in higher thermal insulation value than mulberry fabrics (E. Kaswell). From ANOVA Table V it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on thermal insulation value of fabrics.

Crease recovery angle:

Crease resistance is the property fabric which causes it to recover from folding deformation which normally occurs during its use. Higher the crease recover angle is, the more the fabric is resistant to crease and *visa -versa*. The average result and critical difference at 5% are given in Table IV. It is observed that Crease recovery angle of white eri is highest followed by red eri and least in case of Mulberry spun silk yarn fabric. The crease recovery angle increases with increase of weft yarn count in mulberry while in white and red eri, crease recovery angle decreases with increase of weft yarn count. From ANOVA Table V it is observed that variety of silk, weft yarn count and interaction effects are significant on crease recovery angle. This is due to the fact that crease recovery of fabric is highly influenced by the fineness of fibre, fibre and yarn elongation percentage and fabric thickness. Higher value of these gives higher fabric crease recovery angle.

CONCLUSION

From the study it is revealed that Mulberry spun silk yarn is best in uniformity, followed by White Eri and Red Eri, which are directly correlated with fibre quality of silk. Yarn evenness decreases with increase of Count. There is no significant difference in yarn imperfection among the three varieties of silks. It means good quality Eri spun silk yarns can be produced from both eri cocoons. Mulberry spun silk yarn is strongest followed by white Eri and red Eri but there is no significant difference between Mulberry and white eri. White Eri is best suited for crease resistant fabric and toughest fabric as it has highest elongation percentage and B-work force. White eri fabric is more durable as B-work force is highest and Mulberry is most resistant to sudden shock as it has highest young modulus. The spun silk yarn Imperfections, Hairiness and Index of irregularity are highest in red eri followed by white eri and least in mulberry spun silk yarn these values increase with increase of yarn count.

From the study it is concluded that white Eri spun silk fabric is strong as mulberry, has highest mass, elongation percentage, tearing strength, drape coefficient good air permeability, resistance to wear & tear, best resistance to crease, good water absorbency, thermal properties is next to red eri. Red eri spun silk fabric has highest thermal insulation value and thickness value than white eri and Mulberry fabric, Mulberry spun silk fabric is strongest and has highest bursting strength than both eri silk fabrics. There is no significant difference in pilling resistance, abrasion resistance, flexural rigidity and water repellency among these three varieties of spun silk fabrics. These fabric properties are also significantly influenced by yarn fineness. From the study it is concluded that both eri spun silk fabrics are durable, soft, better in crease resistance and have good aesthetic, tactile and thermal comfort property than Mulberry spun silk fabrics. By seeing above facts, both Eri spun silk fabric are most suitable for ladies and gents dress material as well as under garments in all seasons.

REFERENCES

- KARIYAPPA, T.H SOMASHEKAR, SUBRATA ROY & NANJUNDA SASTRY Studies on blending of Eri silk with Wool fibre in spinning and it's Characterisation, Man made textiles in India, May 2006 page no 176-185.

- KARIYAPPA, G. N. RAMASWAMY. T. H. SOMASHEKAR, SUBRATA ROY, C. SHASIDHAR & R.B. PATTANASHETTY Studies on processing of Eri cocoons in mill spinning to produce quality Eri spun silk yarn and its characterisation, *Man made textiles in India*, Sept 2006 page no 339-349.
- K. P. CHALAMANI, G. NAGARAJAN, V. J. KUMAR, S. DINAKARAN & V. GOBI Evaluation of comfort properties and Dyeing characteristics of fabrics made out of compact yarns, *Asian Textile Journal* July 2008 page no 65.
- S. PRADEEPA & MRS. I. JAYALAKSHMI A comparative study on the physical properties of 100% nylon and nylon-cotton fabrics, *Man made textiles in India* January 2009 page no 19-22.
- SENTHIL KUMAR & PROF B. B. JAMBAGI, Physical and comfort properties of spun silk knitted fabrics, *The Indian Textile Journal* April-2008.
- ERNEST R. KASWELL Textile fibers, yarns and fabrics, Reinhold publishing corporation 1953

EVALUATION DES PROPRIETES PHYSIQUES ET DE CONFORT DES TISSUS EN FIL DE SOIE FILEE DU MURIER, DE L'ERI BLANC ET DE L'ERI ROUGE

KARIYAPPA¹, P. M. DAMODARA RAO² & T. H. SOMASHEKAR

1. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Manandawadi road, Srirampura, Mysore – 570 008, Inde.
2. Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Madiwala road, Bangalore – 560 068, Inde.

Dans cet article, on a filé avec succès des cocons percés du mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge sur un système de filage avec peignage et ils donnent des fils de soie filée de $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ et de $2/120^S N_m$ à partir de ces fils, on tisse des tissus unis sur un métier électrique en utilisant du fil $2/60^S N_m$ pour la chaîne et du fil $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ et $2/120^S N_m$ pour la trame chez chaque variété de soie. On teste les propriétés mécaniques de ces fils et de ces tissus selon les méthodes de test internationales standards. On compare et on analyse les résultats d'après les besoins de l'industrie. Nous présentons en détail les résultats de l'étude. Les résultats de cette étude révèlent que les deux tissus en soie eri filée sont durables, doux et résistent mieux aux plis et présentent de meilleures propriétés esthétiques, tactiles et thermiques que les tissus en soie mûrier filée.

INTRODUCTION

L'homme a toujours montré beaucoup de curiosité pour les produits à base de soie. La soie, la reine des textiles respire le luxe, l'élégance, la classe et le confort. L'humanité a toujours aimé cette fibre chatoyante à la grandeur inégalée. Elle a résisté aux nombreux défis intimidants des autres fibres naturelles et artificielles et demeure encore la reine incontestée des textiles depuis des siècles. Ses qualités sont son lustre naturel, son affinité inhérente avec les colorants, ses couleurs vibrantes, son importante capacité d'absorption, son poids léger et sa résistance. C'est le tissu naturel le plus résistant. Elle est confortable et présente de bonnes qualités d'absorption et un excellent drapé, qui l'ont inévitablement rendue irrésistible pour les femmes du monde entier. Pour évaluer si une fibre convient à différentes utilisations finales, telles que l'habillement ou l'utilisation dans l'industrie, il faut qu'elle présente certaines propriétés souhaitables.

Il existe quatre principaux types de soie d'importance commerciale, que l'on obtient à partir des différentes espèces de vers à soie, qui à leur tour se nourrissent sur un certain nombre de plantes hôtes. Ce sont l'eri, le muga, le mûrier et le tasar, on appelle les variétés de soie autres que le mûrier « soies non-mûrier », c'est-à-dire les soies Vanya. L'Inde se distingue car elle est la seule à produire toutes ces variétés commerciales de soie. Elles sont ternes avec un touché et une texture rugueuse. Du point de vue chimique, ces variétés de soie sont faites à partir de protéines sécrétées sous forme de fluide par une chenille, appelée populairement « le ver à soie ». Ces vers à soie se nourrissent sur des plantes hôtes choisies et filent leurs cocons en tant qu'enveloppe protectrice pour perpétuer la vie.

Il existe deux types de cocons eri, l'eri rouge et l'eri blanc, les cocons eri sont ouverts et ne sont pas adaptés au dévidage pour produire un filament continu pour donner une soie fine, à la différence du mûrier, du tasar et du muga, qui sont adaptés au dévidage. Les vers à soie eri se nourrissent sur des plants de ricin et de tapioca et le mûrier se nourrit sur Les plants de mûrier. On peut, maintenant,

produire du fil de soie de qualité internationale à partir des deux types de cocons eri. On peut tisser le fil produit à partir des cocons eri sur un métier électrique, ainsi que sur un métier sans navette à vitesse élevée. Dans cette étude, on a pris des cocons percés de mûrier et des cocons eri blanc, et eri rouge, on les a décreusés, filés sur un système de filage peigné et ils produisent un fil de soie filé de $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ et $2/120^S N_m$ pour chaque variété de soie (Kariyappa¹). On tisse des tissus unis sur un métier électrique à partir de chaque variété de soie en conservant un numéro de fil de $2/60^S N_m$ dans la chaîne et un numéro variable de fil de $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ et $2/120^S N_m$ pour la trame.

L'étude a donc été entreprise pour connaître les propriétés physiques et de confort des tissus de soie eri blanche et eri rouge filée, par comparaison aux tissus de soie mûrier filée. Les caractéristiques des fibres utilisées pour l'étude sont présentées dans le Tableau 1.

MATERIELS ET METHODES

1. On achète des cocons eri blancs et rouges dans l'Assam et on se procure les cocons de mûrier coupés auprès du CSTRI, on les décreuse et on produit des fils de soie filés de $2/60^S N_m$, $2/80^S N_m$ et $2/120^S N_m$ chez M/s Kareem silks sur un système peigné de filage.

2. A partir des fils ci-dessus, on tisse des tissus unis sur un métier électrique du CSTRI avec des peignes 60, PPI 42 de 137cm de largeur dont les caractéristiques sont présentées ci-dessous.

Tissus en soie eri blanc filée :

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ tissu en soie eri blanc filée 4,82 m
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ tissu en soie eri blanc filé 4,14 m
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ tissu en soie eri blanc filée 4,21 m

Tissus en soie mûrier filée :

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ tissu en soie mûrier filée 4,35 m
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ de tissu en soie mûrier filée 4,29 m
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ de tissu en soie mûrie filée 4,37 m
- $2/60^S N_m \times 2/140^S N_m$ de tissu en soie murier filée 4,02 m

Tissus en soie eri rouge :

- $2/60^S N_m \times 2/60^S N_m$ tissu en soie eri rouge filée 4,6 m
- $2/60^S N_m \times 2/80^S N_m$ tissu en soie eri rouge filée 3,9 m
- $2/60^S N_m \times 2/120^S N_m$ tissu en soie eri rouge filée 4,35 m

Tests :

1. Ces fils produits sont soumis aux tests suivants :

- On mesure l'irrégularité et les imperfections du fil en utilisant un Uster 3.5. On prend des répétitions pour chaque échantillon. Vitesse du fil 400 m par min, temps 1 min et tension 37,5 %.
- On mesure les propriétés d'élasticité et d'allongement des fils de soie filés en utilisant un testeur d'élasticité Instron, modèle no. 5000 R et la méthode de test IS 1670-1191 500 mm GL 20 Sec. Pour cela, on prend 20 échantillons de fil pour chaque variété de soie.

2. On soumet les tissus produits aux tests suivants :

- On mesure le poids par mètre carré de tissu d'après IS (International Standard / Norme Internationale) 1964-2001.
- On mesure l'épaisseur du tissu d'après IS 7702-1975.

- On mesure la perméabilité à l'air du tissu d'après IS 11056-1984 et avec le testeur de perméabilité à l'air PROLIFIC.
- On mesure la résistance à l'éclatement d'après IS 1966-1975.
- On mesure la résistance au déchirement du tissu d'après IS 6489-1993.
- On mesure la force d'élasticité et l'allongement du tissu d'après IS 1969-1985, Instron à bande 50 × 200 mm, 300 m / min
- On mesure le drapé de l'échantillon d'après IS 8357 1977 – 4 spécimens.
- On mesure la résistance à l'abrasion du tissu d'après IS 12673-1989, testeur d'abrasion Martindale.
- On mesure le défroissage du tissu d'après IS 4681-1981.
- On mesure la longueur de cintrage et la rigidité flexurale d'après IS 6490-1971.
- On mesure l'imperméabilité du tissu d'après IS 390 1975, 4 spécimens.
- On mesure la résistance du tissu au boulochage d'après IS 1097-1964.
- On mesure la valeur de l'isolation thermique (méthode de plaques chaudes conservées) – Thermolabo II, vitesse du vent – 1 m / sec, 3 échantillons par spécimen.

Analyse statistique :

On analyse les paramètres du fil et du tissu avec une analyse de variance à deux facteurs (ANOVA), c'est-à-dire en ayant recours aux statistiques descriptives du modèle linéaire général, du post hoc multivariable et de la moindre différence en utilisant SPSS 11,5 pour la différence critique un système windowstat.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse du paramètre du fil :

On teste les paramètres suivants du fil de soie filée du mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge.

% de régularité Uster :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % du % Um, du % Cvm, du % Cvm (1m) sont présentées dans le Tableau II. D'après le Tableau on observe que le % Um, le % Cvm, le % Cvm (1m) sont les plus élevés pour le fil de soie eri rouge filé, suivi par l'eri blanc et sont les plus faibles avec le fil de soie mûrier filé. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que l'effet de la variété de soie, le numéro du fil, et les effets interactifs ont un effet significatif sur les propriétés de régularité Uster. Cela est dû au fait que la finesse de la fibre et la variation de la finesse de la fibre sont moins importantes dans la fibre de soie mûrier, suivi par l'eri blanc et elles sont les plus élevées avec la fibre de l'eri rouge, comme le montre le Tableau I, ces paramètres influencent le pourcentage de régularité Uster. Alors que le numéro du fil augmente, la régularité augmente également parce que le nombre de fibres dans la coupe transversale du fil diminue.

Parties fines et parties épaisses :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % des parties fines (– 50 %) et des parties épaisses (+ 50 %) sont présentées dans le Tableau II. D'après le Tableau, on observe que les parties fines (– 50 %) et les parties épaisses (+ 50 %) sont plus élevées chez le fil de soie filé de l'eri rouge, suivi par l'eri blanc et moins élevées dans le cas du fil de soie filé du mûrier. D'après l'ANOVA dans le Tableau III, on observe que l'effet de la variété de soie, du compte de fil et l'effet de l'interaction ont un effet significatif sur les parties fines du fil (– 50 %) et les parties épaisses (+ 50 %) mais pas sur les parties épaisses (+ 100 %). Cela est dû au fait que la finesse de la fibre et la variation de la finesse de la fibre sont moins importantes dans la fibre de soie mûrier, suivie par l'eri blanc et elles

sont les plus élevées dans la fibre de l'eri rouge, comme le montre le Tableau I, ces paramètres influencent les parties fines et épaisses.

Bouchons :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % du compte de bouchons sont présentées dans le Tableau II. D'après le Tableau, on observe que le compte de bouchons est plus élevé dans le fil de soie eri rouge filée, suivi par l'eri blanc et il est le plus faible dans le cas du fil de soie mûrier filé. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que l'effet de la variété de soie et l'effet interactif ne sont pas significatifs chez toutes les variétés pour le compte de bouchons, mais ils ont un effet significatif sur les bouchons (+ 140 %) et le numéro du fil a un effet significatif chez toutes les variétés pour le compte de bouchons. Alors que le numéro du fil augmente, le compte de bouchons augmente dans le fil de soie filé. Cela est dû au fait que la distribution de la longueur de la fibre et les facteurs de forme de la fibre influencent principalement le compte de bouchons, donc l'eri rouge a une distribution de la longueur de la fibre plus élevée que l'eri blanc et que le mûrier, par conséquent il y a plus de comptes de bouchons chez l'eri rouge, par comparaison aux fils de soie filée de l'eri blanc et du mûrier.

Pilosité (–) et écart type de la pilosité Sh (–) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % de la pilosité (–) et de Sh (–) sont présentées dans le Tableau II. D'après le Tableau II, on observe que la pilosité est la plus élevée chez l'eri blanc, suivi par l'eri rouge et elle est moins élevée dans le cas du fil de soie mûrier filé.

La pilosité augmente avec l'augmentation du numéro du fil chez toutes les variétés de fil de soie filé. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que la variété de soie et le numéro du fil ont un effet significatif sur la pilosité, mais l'effet interactif n'est pas significatif. Cela est dû au fait que le pourcentage de fibres courtes a une influence élevée sur la pilosité, par conséquent, on trouve une pilosité plus élevée chez l'eri blanc, parce qu'il a un pourcentage plus élevé de fibres courtes que les fils de soie filée de l'eri rouge et du mûrier.

Indice d'irrégularité (–) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % de l'indice d'irrégularité (–) sont présentées dans le Tableau II, d'après le Tableau on observe que l'indice d'irrégularité (–) augmente avec l'augmentation du numéro du fil chez les trois variétés de fil de soie filé. L'indice d'irrégularité (–) est le plus élevé dans le fil de soie filé de l'eri rouge, suivi par l'eri blanc et le moins élevé dans le cas du fil de soie filée du mûrier. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que la variété de soie et le numéro du fil ont un effet significatif sur l'indice d'irrégularité (–), l'effet interactif n'est pas significatif. Cela est dû au fait que le diamètre de la fibre, la variation du diamètre, la distribution de la longueur de la fibre sont les plus élevés chez l'eri rouge, suivi par l'eri blanc et sont moins importants dans la fibre de soie mûrier, ce qui influence l'indice d'irrégularité, en plus de cela, la régularité et les imperfections du fil ont aussi une influence.

2. Propriétés mécaniques des fils de soie filée :

On teste les propriétés mécaniques du fil de soie filé du mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge sur des machines Instron, cela donne les paramètres importants suivants et ces paramètres sont très importants pour décider des utilisations finales du fil et du tissu.

Force de rupture (gf) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % de la force de rupture (gf) sont présentées dans le Tableau II, d'après le Tableau II, on observe que la force de rupture (gf) du fil de soie mûrier filé est la plus élevée, suivie par l'eri blanc et la moins élevée est celle du fil de soie eri rouge filée.

La force de rupture (gf) diminue avec les augmentations du numéro du fil parce que le nombre de fils diminue dans la coupe transversale. D'après l'ANOVA dans le Tableau III, on observe que les effets de la variété de la soie, du numéro du fil et l'effet de l'interaction ont un effet significatif sur la force de rupture. Cela est dû au fait que les fibres de mûrier et de l'eri blanc sont plus résistantes et plus fines que les fibres de l'eri rouge, par conséquent le fil de soie filée du mûrier et de l'eri blanc est plus résistant que le fil de soie filée de l'eri rouge.

Allongement (%) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % du pourcentage d'allongement sont présentées dans le Tableau II, on observe d'après le Tableau que le pourcentage d'allongement du fil de soie filée de l'eri blanc est le plus élevé, suivi par l'eri rouge et il est le moins élevé dans le cas du fil de soie mûrier filée. Le pourcentage d'allongement diminue avec les augmentations du numéro du fil, parce que le nombre de fibres diminue dans la coupe transversale du fil. D'après l'ANOVA du Tableau III, la variété de soie, le numéro du fil et l'effet interactif ont un effet significatif sur le pourcentage d'allongement du fil. Cela est dû au fait que le pourcentage d'allongement de la fibre de soie de l'eri blanc est le plus élevé, suivi par l'eri rouge et le moins élevé est celui de la fibre de mûrier, ce qui influence le pourcentage d'allongement du fil.

Résistance (gpd) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % de la résistance (gpd) sont présentées dans le Tableau II, d'après le Tableau II, on observe que la résistance (gpd) du fil de soie filée du mûrier est la plus élevée, suivi par l'eri blanc et la moins élevée est celle du fil de soie filée de l'eri rouge. La résistance (gpd) diminue avec les augmentations du numéro du fil, parce que le nombre de fibres diminue dans la coupe transversale du fil. D'après l'ANOVA dans le Tableau III, on observe que la variété de soie et le numéro du fil ont un effet significatif sur la résistance, mais il n'y a pas d'effet interactif. Cela est dû au fait que les fibres de mûrier et de l'eri blanc sont plus résistantes et plus fines que la fibre de l'eri rouge, par conséquent le fil de soie filée du mûrier et de l'eri blanc est plus résistant que le fil de soie filée de l'eri rouge.

Travail-B (Kgf-cm) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % du travail-B (gf-cm) sont présentées dans le Tableau II, d'après le Tableau, on observe que le travail-B (gf-cm) du fil de soie filée de l'eri blanc est le plus élevé, suivi par l'eri rouge et le moins élevé est celui du fil de soie filée du mûrier. Le travail-B (gf-cm) diminue avec les augmentations du numéro du fil parce que le nombre de fibres diminue dans la coupe transversale. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que la variété de soie, le numéro du fil et l'effet de l'interaction ont un effet significatif sur le travail-B. Cela est dû au fait que le travail-B (gf-cm) est lié à la surface sous la courbe de la charge d'allongement. La courbe de la charge d'allongement de l'eri blanc est la plus élevée, suivie par l'eri rouge et la moins élevée est celle de la fibre de soie mûrier, ce qui influence le travail-B (gf-cm) du fil de soie filée.

Module de Young (gpd) :

Les valeurs moyennes et la différence critique à 5 % du module de Young sont présentées dans le Tableau II, d'après le Tableau II, on observe que le module de young du fil de soie mûrier filée est le plus élevé suivi par l'eri rouge et le moins élevé est celui des fils de soie filée de l'eri blanc. Le module de young augmente avec les augmentations du numéro du fil parce que le nombre de fils diminue dans la coupe transversale. D'après l'ANOVA du Tableau III, on observe que la variété de soie, le numéro du fil et l'effet de l'interaction ont un effet significatif sur le module de young. Cela est dû au fait que le module de young est lié à l'extensibilité de la fibre de soie, plus la fibre de soie est extensible, plus le module de young est faible et vice versa.

3. Propriétés mécaniques des fibres de soie filées :

On teste les propriétés mécaniques du tissu de soie filée du mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge d'après les méthodes internationales de test, qui donnent les paramètres importants suivants, ces paramètres sont très importants pour décider des utilisations finales des tissus.

Force de rupture (kg) :

La force de rupture (kg) est la quantité maximum de tension élastique qui peut être subie avant la rupture. La définition de la rupture peut varier selon le type de tissu. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, d'après le Tableau, on observe que la force de rupture (g) du tissu de mûrier dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame est la plus élevée, suivie par l'eri blanc et la moins élevée est celle du tissu de soie filée en eri rouge, quel que soit le numéro du fil de trame. La force de rupture du tissu dans le sens de la chaîne augmente avec les augmentations du numéro du fil de la trame dans le tissu, cela est dû au fait qu'alors que le numéro de la trame augmente, l'assistance de la trame dans le tissu diminue, par conséquent la force de rupture de la chaîne est plus élevée (Bharat Laxmikant Lalan Shaha 2002). D'après le Tableau IV, on observe que la force de rupture (g) du tissu dans le sens de la trame diminue avec les augmentations du numéro de la trame chez les trois variétés de tissus de soie filée, parce que le nombre de fibres diminue, alors que le numéro augmente. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de la trame et l'interaction ont un effet significatif sur la force de rupture (g) du tissu à la fois dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame. Cela est dû au fait que la résistance élastique de la fibre et du fil a influencé la résistance du tissu chez les trois types de tissus.

% d'allongement :

Le pourcentage d'allongement correspond à l'extensibilité du tissu au point de rupture. La définition des pourcentages d'allongement peut varier selon le type de tissu. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, d'après ce Tableau, on observe que le pourcentage d'allongement du tissu de l'eri blanc est le plus élevé, suivi par l'eri rouge et le moins important est celui du tissu de mûrier, à la fois dans le sens de la chaîne et dans le sens de la trame. Le pourcentage d'allongement du tissu de soie filée dans le sens de la chaîne est plus important que dans le sens de la trame chez les trois variétés de soie. Le pourcentage d'allongement diminue avec l'augmentation du numéro de la trame chez chaque variété de soie, cela est dû au fait que le pourcentage d'allongement de la fibre et du fil de soie influence le pourcentage d'allongement du tissu. Pendant le processus de tissage, le fil de chaîne subit plus de tension que le fil de trame, par conséquent on remarque plus d'allongement dans le sens de la chaîne. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que les variétés de soie, le numéro de fil de la trame et les effets de l'interaction ont un effet significatif sur le pourcentage d'allongement du tissu à la fois dans le sens de la chaîne et de la trame.

Résistance au déchirement (g) :

La résistance au déchirement (g) est la mesure de la résistance des séries de chaîne ou de trame du fil dans le tissu. On considère le tissu qui se déchire facilement comme un produit inférieur. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe un glissement de la mâchoire pendant le test de la résistance au déchirement (g) dans le sens de la chaîne chez les trois variétés de tissu de soie filée, parce qu'on utilise un fil de soie filée de 2/60 s dans la chaîne de toutes les variétés de tissu, par conséquent la résistance au déchirement du tissu dépasse la capacité de la machine.

La résistance au déchirement (g) dans le sens de la trame du tissu en soie eri blanc filée est la plus élevée suivie par le mûrier et la moins élevée est celle du tissu de soie eri rouge filée, quel que soit le numéro du fil de trame, la résistance au déchirement baisse avec les augmentations du numéro de la

trame dans le tissu. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que l'effet des variétés de soie, du numéro de fil de la trame et les effets de l'interaction ont un effet significatif sur la résistance au déchirement du tissu à la fois dans le sens de la chaîne et de la trame.

Cela est dû au fait que chez la fibre de l'eri blanc, la résistance élastique et le % d'allongement du fil sont plus élevés que dans la fibre de soie mûrier et de l'eri rouge, cela influence donc la résistance du tissu au déchirement et par conséquent, il y a une résistance plus élevée au déchirement dans les tissus en soie filée de l'eri blanc.

Masse du tissu (g / m^2) :

C'est une mesure du poids du tissu en grammes par mètre carré. Les résultats comparatifs et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que la masse du tissu par mètre carré de tissu en soie filée de l'eri blanc est la plus élevée, suivie par l'eri rouge et la moins importante est celle du mûrier. Le poids du tissu baisse avec les augmentations du numéro de fil de trame chez les trois variétés de tissus de soie filée. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro de fil de trame et les effets interactifs ont un effet significatif sur le tissu. Cela est dû au fait que la densité et la finesse de la fibre jouent un rôle très important dans le poids du tissu. La densité de l'eri blanc est plus élevée que celle de l'eri rouge et que celle du mûrier, par conséquent le poids du tissu de l'eri blanc est plus élevé.

Perméabilité à l'air ($\text{m}^3 / \text{m}^2 \text{ min}$) :

La perméabilité à l'air est l'inverse de la résistance à l'air. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que la perméabilité à l'air du tissu est plus élevée chez l'eri rouge, suivie par l'eri blanc et la moins importante est celui des tissus de soie mûrier filée. La perméabilité à l'air augmente avec les augmentations du numéro de fil de trame chez les trois variétés de tissus. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de trame ont un effet significatif sur la perméabilité à l'air des tissus, mais il n'y a pas d'effet interactif. Cela est dû au fait que la finesse de la fibre joue un rôle important dans la perméabilité à l'air, la fibre plus fine de la soie mûrier donne une densité de tassement dans le fil plus importante que dans la fibre plus brute du tissu eri, par conséquent, cela diminue la porosité du fil et du tissu. La fibre plus brute de l'eri rouge a donc une perméabilité à l'air plus élevée que la fibre plus fine des tissus de soie filée en eri blanc et en mûrier (manuel scolaire de J. E. Booth).

Imperméabilité (évaluation) :

L'absorption élevée et uniforme de l'eau est une qualité souhaitable pour un tissu. L'absorption du tissu est influencée par sa capacité de méchage. L'absorption est un paramètre important pour l'évaporation rapide de la transpiration dans les sous-vêtements, pour l'absorption de l'eau par les serviettes, les tissus de nettoyage, les couches, la gaze et les bandages. Les résultats comparatifs et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que l'imperméabilité (évaluation) de tous les tissus est de zéro. Cela est dû au fait que les trois variétés de tissu de soie filée sont de nature hygroscopique.

Résistance au boulochage (évaluation) :

Le boulochage sont des brins de fibres emmêlées qui sont attachés à la surface de l'étoffe et ressemblent à de petites pilules. Chez certaines fibres, ces « pilules » se produisent au cours du port du vêtement. L'évaluation de cette propriété est très importante surtout pour les tissus destinés aux chemises, aux chemisiers, aux costumes, aux jupes, etc. Les résultats comparatifs et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV. On n'observe pas de boulochage dans les tissus de soie mûrier, de l'eri blanc et de l'eri rouge filée.

Résistance à l'abrasion (nbre de frottements) :

L'abrasion est juste l'un des aspects du port et consiste au frottement des fibres et du fil, qui composent le tissu. Les résultats comparatifs et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que la résistance à l'abrasion du tissu de soie mûrier filée est la plus importante, suivie par l'eri blanc et la moins importante est celle du tissu de soie en eri rouge filée. La résistance à l'abrasion augmente avec l'augmentation du numéro de fil de trame dans le tissu de soie mûrier filée, mais dans le cas de l'eri blanc et de l'eri rouge, la résistance à l'abrasion diminue avec les augmentations du numéro de fil de trame. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro de fil de trame et les effets interactifs n'ont pas d'effet significatif sur la résistance à l'abrasion du tissu. Cela est dû au fait que la résistance à l'abrasion dépend de la forme, de la résistance de la coupe transversale de la fibre et de la finesse du fil.

Coefficient de drapé (%) :

Le drapé est la capacité du tissu à présenter une apparence gracieuse pendant l'usage. C'est un facteur important pour les matières textiles, qui permet au tissu de s'orienter en plis ou en plissements gracieux sous l'effet de la force de gravité. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que le coefficient de drapé du tissu de soie eri blanche filée est le plus élevé, suivi par le mûrier et le moins important est celui du tissu de soie eri rouge filée. Le coefficient de drapé baisse avec l'augmentation du numéro du fil de trame chez les trois variétés de soie filée. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de la trame et les effets interactifs ont un effet significatif sur le coefficient de drapé du tissu. Cela est dû au fait que l'épaisseur et le poids du tissu ont un effet sur les propriétés de drapé du tissu de soie filée.

Résistance à l'éclatement (kgf / cm^2) :

La résistance à l'éclatement est la mesure de la résistance du tissu à la force multidirectionnelle. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV. La résistance à l'éclatement du tissu de soie mûrier est la plus élevée, suivie par l'eri blanc et la moins importante est celle du tissu de l'eri rouge. La résistance à l'éclatement du tissu diminue avec les augmentations du numéro du fil chez chaque variété de tissu en soie filée. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le compte de fil de trame et les effets interactifs ont un effet significatif sur la résistance à l'éclatement du tissu. Cela est dû au fait que la fibre de soie et la résistance du fil influencent la résistance à l'éclatement du tissu.

Epaisseur du tissu (mm) :

L'épaisseur est un facteur important du tissu. L'épaisseur a un impact important sur le drapé et les applications du tissu. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV, on observe que l'épaisseur du tissu de l'eri rouge est la plus importante, suivie par l'eri blanc et la moins importante est celle du mûrier. L'épaisseur du tissu diminue avec l'augmentation du numéro du fil de trame. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de trame et les effets interactifs sont significatifs pour l'épaisseur du tissu. Cela est dû au fait que l'épaisseur du tissu est influencée par la finesse et par la densité de la fibre. La fibre de l'eri rouge est plus brute que la fibre de l'eri blanc et du mûrier, par conséquent le tissu en eri rouge est plus épais que le tissu de l'eri blanc et du mûrier.

Rigidité flexurale (raideur (mg-cm) :

La raideur du tissu indique la résistance du tissu au pliage et c'est un facteur clé dans l'étude de la main et du drapé. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV. On observe que la rigidité flexurale du tissu est la plus élevée chez le mûrier, suivie par l'eri blanc et elle est la moins importante pour le tissu de l'eri rouge. La rigidité flexurale du tissu

diminue avec les augmentations du numéro de fil de trame chez chaque variété de tissu de soie. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de chaîne et les effets interactifs sont significatifs sur la rigidité flexurale globale du tissu. Cela est dû au fait que la rigidité flexurale du tissu est inversement proportionnelle au poids du tissu, puisque moins le poids du tissu est important, plus la rigidité flexurale est élevée dans le tissu de mûrier et plus le poids du tissu est élevé, moins la rigidité flexurale est importante dans les tissus de soie filée en eri blanc.

Valeur d'isolation thermique (TIV) :

La valeur d'isolation thermique est la mesure des propriétés thermiques du tissu. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV. On observe que les propriétés thermiques du tissu de soie eri rouge filée sont les plus importantes, suivi par l'eri blanc et les moins importantes sont celles du tissu de soie mûrier filée. La valeur d'isolation thermique augmente avec l'augmentation du numéro de fil de la trame dans le tissu de soie mûrier filée, parce que les fibres de mûrier sont plus fines et présentent plus ou moins une coupe circulaire transversale, ce qui donne une bonne densité de tassement dans le fil et dans le tissu, par conséquent les propriétés thermiques augmentent avec l'augmentation du numéro du fil de trame, tandis que dans le cas de l'eri rouge et de l'eri blanc la valeur TIV baisse avec l'augmentation du numéro du fil de la trame, parce que le fil devient plus fin, les espaces d'air augmentent dans le tissu, par conséquent la valeur d'isolation thermique diminue. L'aplatissement de la fibre dans les deux tissus eri accroche et emprisonne l'air entre les fibres, ce qui entraîne une valeur d'isolation thermique plus élevée que dans le tissu de mûrier (E. Kaswell). D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de trame et les effets interactifs sont significatifs par rapport à la valeur d'isolation thermique du tissu.

Angle de défroissage :

La résistance aux plis est la propriété du tissu qui lui permet de se replacer après la déformation due aux plis, qui se produit normalement pendant son utilisation. Plus l'angle de défroissage est élevé, plus le tissu est résistant aux plis et vice-versa. Les résultats moyens et la différence critique à 5 % sont présentés dans le Tableau IV. On observe que l'angle de défroissage de l'eri blanc est le plus élevé, suivi par l'eri rouge et le moins important est celui du tissu de soie mûrier filée. L'angle de défroissage augmente avec l'augmentation du numéro de fil chez le mûrier, tandis que chez l'eri blanc et rouge, l'angle de défroissage diminue avec l'augmentation du numéro du fil de trame. D'après l'ANOVA du Tableau V, on observe que la variété de soie, le numéro du fil de la trame et les effets interactifs sont significatifs sur l'angle de défroissage. Cela est dû au fait que le défroissage du tissu est très influencé par la finesse de la fibre, le pourcentage d'allongement du fil et de la fibre et l'épaisseur du tissu. Une valeur plus élevée pour ces caractères donne au tissu un angle de défroissage plus important.

CONCLUSION

D'après notre étude, on constate que le fil de soie mûrier filée est le meilleur pour l'uniformité, suivi par l'eri blanc et l'eri rouge, un paramètre qui est directement corrélé avec la qualité de la fibre de soie. La régularité du fil diminue avec l'augmentation du numéro. Il n'y a pas de différence significative pour les imperfections du fil entre les trois variétés de soie. Cela veut dire que l'on peut produire des fils de soie eri filée de bonne qualité, à partir des deux types de cocons eri. Le fil de soie mûrier filé est plus résistant, suivi par l'eri blanc et l'eri rouge, mais il n'y a pas de différence significative entre le mûrier et l'eri blanc. L'eri blanc est mieux adapté comme tissu résistant aux plis et comme tissu le plus solide, puisqu'il a le pourcentage d'allongement et de travail B les plus élevés. Le tissu en eri blanc est le plus durable puisque la force du travail B est la plus élevée et le mûrier est le plus résistant aux chocs soudains, puisqu'il a le module de young le plus élevé. Les imperfections,

la pilosité et l'indice d'irrégularité sont les plus élevés chez l'eri rouge, suivi par l'eri blanc et les moins élevés dans le fil de soie mûrier filé, ces valeurs augmentent avec l'augmentation du numéro du fil.

D'après notre étude, on peut conclure que le tissu de soie eri blanc filée est aussi résistant que le mûrier, il présente la masse, le pourcentage d'allongement, la résistance au déchirement, le coefficient de drapé les plus élevés, une bonne perméabilité à l'air, une résistance à l'usage, la meilleure résistance aux plis, une bonne absorption de l'eau et ses propriétés thermiques suivent celles de l'eri rouge. Le tissu en soie eri rouge filée présente la valeur d'isolation thermique et l'épaisseur les plus élevées, plus que le tissu en eri blanc et en mûrier. Le tissu de soie mûrier filée est le plus résistant et il présente la résistance à l'éclatement la plus élevée, plus que les deux tissus en soie eri. Il n'existe pas de différence significative pour la résistance au boulochage, la résistance à l'abrasion, la rigidité flexurale et l'imperméabilité entre ces trois variétés de tissus de soie filée. Ces propriétés des tissus sont aussi influencées de manière significative par la finesse du fil. D'après notre étude, on peut conclure que les deux tissus en soie eri sont durables, doux et ils présentent une meilleure résistance aux plis et des propriétés esthétiques, tactiles et de confort thermique meilleures que celle des tissus de soie mûrier filée. D'après les données ci-dessus, les deux tissus de soie eri filée sont les plus adaptés aux vêtements pour hommes et femmes, ainsi que pour les sous-vêtements, pendant toutes les saisons.

EFFICACY OF SOME DISINFECTANTS AND THEIR EFFECTS ON EGGS DISINFECTION AGAINST MICROBIAL DISEASES OF *ANTHRAEA PROYLEI* JOLLY

L. BIDYAPATI DEVI* N. MOHENDRO SINGH & K. CHAOBA SINGH

Regional Tasar Research Station, Central Silk Board, Mantripukhri Imphal - 795002, Manipur, India

*Oak tasar silkworm **Antheraea proylei** J. eggs were disinfected with different chemicals viz: hydrochloric acid, sulphuric acid at (1, 2, and 3%) and formaldehyde at (3, 4, and 5%). In another set, a mixture of hydrochloric acid (3%) and formaldehyde (3%) mixed in equal proportion (volume by volume), were applied separately two days before hatching. The combined effect of hydrochloric acid (3%) and formaldehyde (3%) significantly reduced the larval diseases mortality to 6.17 % in the spring crop, against 21.47 % (control) and 18.13 % against 47.67 % (control) in the autumn crop. Irrespective of the nature of the chemicals, disinfection of eggs had profound advantages over their untreated counterparts, in achieving higher uniform hatching and effective rate of rearing (ERR %) percentages and less larval mortality.*

Key words: *Antheraea proylei*, egg disinfection, larval mortality, hatching, ERR

INTRODUCTION

Oak tasar silkworm *Antheraea proylei* Jolly is the most predominant silkworm species reared in Manipur. Some of the important diseases of *A. mylitta* includes; Pebrine (protozoan), flacherie (bacterial) grasserie (viral) and mycosis (fungal). The bacterial and viral diseases are the major concern causing heavy crop losses (Thangavelu *et al.*, 1995). Viral disease caused by cytoplasmic polyhedrosis virus (CPV) is a major concern in *A. proylei* in Manipur, thereby resulting in reduction of cocoon yield by 17 and 37% in the spring and summer crop respectively (Luikham *et al.*, 2002). Further, since oak tasar silkworms are reared outdoor, the worms are exposed to environmental adversities and subject to infection during the larval stage. These microbial diseases are the principle biotic threat in determining the success of the oak tasar silkworm industry. The production of quality silkworm seed cocoons is therefore largely dependent on the maintenance and rearing of healthy egg laying and larvae. Once infected, the diseases spread rapidly within the entire population, consequently resulting in maximum crop losses. Disinfection is therefore a primary concern in silkworm culture to minimize the disease problems and to harvest a profitable yield.

Many workers have carried out disinfection of the silkworm with success. Disinfection of rearing houses and bed disinfection with formalin and bleaching powder have been practiced with great success in rearing mulberry silkworm (Laxman *et al.*, 1998). Baig *et al.* (1990a) reported certain bed disinfectants like Reshamkeet oushath to be effective against the viruses of silkworm (*Bombyx mori*). Vail *et al.*, (1968) tested formalin as disinfectant against nuclear polyhedrosis. Sharma *et al.*, (1994) reported that 2% formalin solution effectively prevented silkworm from nuclear polyhedrosis infection. Many researchers [Hosny *et al.* (1986), Chinnaswamy *et al.*, (1986) etc], have also

* E-mail: segibidya@gmail.com

established profound effects of disinfection with various disinfectants on *Bombyx mori* L. However, the use of antibiotics has little effect on flacherie disease in *B. mori* L.. Baig *et al.*, 1990b).

However, similar works on the egg surface disinfection have not been sufficiently addressed and documented on oak tasar silkworm *A. proylei*. The present study highlights the techniques and efficacy of different disinfectants of egg surface, as prophylactic measures against the impending microbial diseases, with the aim of increasing quantitative and qualitative cocoon yield.

MATERIAL AND METHODS

Prior to surface disinfection, the silkworm eggs were collected in nylon bag (15 × 20 cm²) and soaked in 0.5% sodium hydroxide solution for 30 seconds at room temperature. The contents were then thoroughly drenched under running tap water for 1 minute and the excess water was completely drained out. The eggs in the nylon bags were then surface disinfected by dipping them separately in different chemical concentration, viz. hydrochloric acid (1, 2, 3%), sulphuric acid (1, 2, 3%), formaldehyde solution (3, 4%, 5%) and a mixture of hydrochloric acid and formaldehyde solution (3% + 3%), (4% + 4%) and (5% + 5%) for 10 minutes. The disinfected eggs were washed with running water to remove traces of the chemicals completely. The disinfected eggs were then dried and incubated at 24⁰ ± 2⁰C and 75±5% RH. Each treatment lot consisted of a set of 100 eggs, replicated 5 times each. Untreated eggs were maintained as control of the experiment. Newly hatched larvae were counted and recorded continuously for 3 consecutive days and reared. The larval disease mortality was observed every day during the entire rearing period and effective rate of rearing (ERR %) was calculated.

RESULT AND DISCUSSION

Data presented in Table I indicates that the application of the three silkworm egg chemical disinfectants viz., hydrochloric acid, sulphuric acid, formaldehyde solution and mixture of hydrochloric acid and formaldehyde solution had been evaluated during the present study and it was found that these chemical disinfectants treated on silkworm egg surface had remarkable effects on the larval disease mortality in *Antheraea proylei*. Egg disinfection significantly reduced the larval mortality within the range of 6.2 to 12.4 % during spring and 18.1 to 36.7 % in the autumn crop, against the control of 21.5 and 47.7% respectively. The four chemical treatments showed considerable difference in their efficacy at different concentrations. Treatment with mixture of hydrochloric acid and formaldehyde at equal volumes of 3% each, resulted in lowest larval mortality rate of barely 6.2 in the spring and 18.1 % against untreated controls 21.5 and 47.7% in the first and second crops respectively. The mixture also showed highest effective rate of rearing (ERR %) at 83.0% and 30.4% during the first and second crops against untreated controls 47.4 and 6.3% respectively. At equal volumes of 5% each the chemical mixture also showed highest hatching percentages at 85.9 and 86.2 % against 69.9 and 67.0% (control) during the first and second crops respectively. At all levels of their concentrations (1, 2 and 3%), the efficacy of Sulphuric acid and Hydrochloric acid as egg surface disinfectants was inferior compared to that of formaldehyde and mixture of hydrochloric and formaldehyde during the current experiment.

Kumar & Griyaghey, (1995) observed that *A. mylitta* worms get secondary infection through excreta or by direct contact with the diseased worms. Therefore prophylactic disinfection is essential to check secondary infection of the worms. Besides disinfection of *A. mylitta* eggs with formalin, prophylactic disinfection of the worms with 0.5% Sodium hydroxide solution is very effective. Luikham *et al.*, (2008) maintained that prophylactic treatment of *A. proylei* larvae with alkaline solutions of 0.05, 0.125 and 0.25% sodium hydroxide and 0.5% calcium hydroxide solutions once in every instar (I-IV) and twice in the V instar, gave better cocoon yield (68%) against 30% (untreated

control) However, Singh *et al.*, (1999) observed that once the nuclear polyhydrosis commenced, disinfection with any disinfectant is not effective in preventing the larvae from infection. Sahay *et al.* (2005) reported that proper disinfection is one of the key factors in determining the success of sericulture. Hence, disinfection is effective basically as a preventive measure, but not as a curative measure against the diseases.

Table. I. Egg surface disinfection and their effect on *A. proylei* crop production.

Tableau I. Désinfection de la surface de l'oeuf et son effet sur la récolte d'*A. proylei*.

Treatment	Conc. (%)	Hatching (%)		Larval mortality (%)		ERR (%)	
Traitement	Concentration (%)	Eclosion (%)		Mortalité larvaire (%)			
		I crop 1ère récolte	II crop 2ème récolte	I crop 1ère récolte	II crop 2ème récolte	I crop 1ère récolte	II crop 2ème récolte
HCL	1	59.9	77.3	10.3	31.6	50.4	16.2
	2	62.0	82.9	11.7	34.8	47.9	12.2
	3	70.1	77.5	11.7	31.5	61.9	16.7
H2SO4	1	68.8	70.6	11.9	33.9	65.8	16.7
	2	70.5	70.8	12.4	35.1	56.7	9.3
	3	75.8	71.9	11.7	36.7	57.2	8.1
HCHO	3	75.5	75.9	10.4	24.8	30.2	15.0
	4	75.3	82.5	7.8	25,5	78.5	11.3
	5	75.3	82.5	7.8	25.5	78.5	10.0
[HCL+HCHO]	[3+3]	76.6	79.7	6.2	18.1	82.7	30.1
	[4+4]	78.2	78.3	7.2	28.2	69.9	17.53
	[5+5]	85.9	86.2	7.4	31.5	70.7	10.2
Control / Témoin	-	69.9	67.0	21.5	47.7	47.4	6.3
CD at 5 %		11.55	9.92	3.88	7.71	15.12	3.14

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

Microbial diseases of oak silk tasar silkworm are contagious and spread rapidly within the population from one source or another. Contaminated eggs surface and infected worms, besides ingestion of food sources etc., contaminated with the microbial pathogens serves as the primary and secondary inoculums of the diseases on *A. proylei* larvae, resulting in larval mortality that seriously impairs the crop production. Findings from the current studies clearly reveal that surface disinfection

of egg with above suitable disinfectants, is primarily an inevitable task in furthering the oak tasar silkworm industry.

REFERENCES

- BAIG M., BALAVENKATASUBBAIAH M., SHARMA S. D., SINGH B. D., SASIDHARAN T. O., & NOAMANI M. K. R. (1990a) Field trials of reshamkeet oushad on the cocoon yield of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 30(4), 543-546.
- BAIG, M., NATARAJU, B. and SAMSON, M.V. (1990b) Studies on the effect of antibiotics on rearing performance and loss due to disease in silkworm *Bombyx mori*. *Indian J. Seric.*, 29(1):54-58
- BAIG, M., SAMSON, M.V., SARMA, S.D., LAVENKATA SBBAIAH, T.O., SASIDHARAN & JOLLY, M.S. (1993) Efficacy of certain bed disinfectants in different combinations against the nuclear polyhydrosis & white muscardine of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 33(1) pp: 53 – 60
- CHINNASWAMY.K., CHOZAN,V,HANGOVAN, K.S. AND FADHA,N.V. (1986) Effect of para-formaldehyde, benzoic acid with lime powder as bed disinfectants for prevention of diseases. National Seminar on Prospects and Problems of sericulture in India. March 27-30, Vellore, Tamil Nadu
- HOSNY,S., EL-KARAKSY,A. AND KOTHI.A. (1986) Effect of some disinfectants on larval mortality rates and silk yield of the mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. *Indian J. Seric.*,3:29:32
- KING, E.G., BELL,J.V. AND MARTIN, D.F. (1975) Control of Bacterium *Serratia mascescens* in an insect host-parasite-rearing program. *Invertebrate Pathology*, 26 pp: 35-36.
- KUMAR P. & GRIYAGHEY U. P. (1995) Studies on the efficacy of sodium hydroxide as prophylactic agent against polyedrosis in tasar silkworm, *Antheraea mylitta* Drury. *Entomon.*, 20(1) 53-54.
- LAXMAN,S.,MALLIKARJUNA,R.,GANPATHI RAO RAO,JAYARAM.H. AND GEETHA DEVI R.G. (1998) Studies on adoption of sericultural innovations at the farmer's level in Tamil Nadu : An Emperical analysis. *Indian J. Seri.*, 37(1): 44-47
- LUIKHAM L., RANA B., SINGH N.I. & VARATHARAJAN, R. (2002) Incidence pattern of viral disease affecting the oak tasar silkworm, *Antheraea proylei* J. (Saturniidae:Lepidoptera).In recent Advances in Life Science,(ed.Yadava,P.S.),Manipur University,imphal,pp 106-108.
- LUIKHAM R., KEISA T. J., SINGH K. C. & VARATHARAJAN R. (2008) Cytoplasmic polyhedrosis virus infecting the oak tasar silkworm, *Antheraea proylei* Jolly (Lepidoptera: Saturniidae). *Sericologia*, 48(4), 365-373.
- SAHAY A., SINGH G. P., ROY D. K., SAHAY D. N. & SINHA B. R. P. (2005) Importance of disinfection in tasar culture. *Indian Silk*, 44, 91-94.
- SHARMA, B.J., SAMSON, M.V., BALAVENKATASUBAIAH, M. & DATTA, R.K. (1994) Effect of different disinfectants of the prevention of nuclear polyhydrosis of the Silkworm, *Bombyx mori* L *Sericologia*, 34(2) pp: 265 – 270.
- SINGH,K.K., SAVANURMATH,C.J. and GOKHALE, S.B. (1999) Efficacy of some bed disinfectants against nuclear polyhydrosis virus of silkworm. *Proceedings of NSTS* –99 pp.233-235
- THANGAVELU,K,BASNAI,A.K.,SHUKLA,N.,SEXANA, N.,JAYASWAL,J AND GOEL.A.K (1995) Evaluation of csome chemicals for preservation of diseses in Tasar silkworm , *Antheraea mylitta* Drury (Lepidoptera: Saturniidae). *Indian J.Seric.*,34(2) : 142-143
- VAIL, P.V., HENNEBERRY, T.J., KISHABA, A.N., ARAKAWA, K.Y. (1968) Sodium hypochlorite and formalin antiviral against nuclear polyhydrosis virus in larvae of the cabbage looper. *J. Invertebrate Pathology*, 10, pp: 84-93

EFFICACITE DE CERTAINS DESINFECTANTS ET EFFETS SUR LA DESINFECTION DES ŒUFS CONTRE LES MALADIES MICROBIENNES D'*ANTHERAEA PROYLEI* JOLLY

L. BIDYAPATI DEVI*, N. MOHENDRO SINGH & K. CHAOBA SINGH

Regional Tasar Research Station, Central Silk Board, Mantripukhri, Imphal – 795 002, Manipur, Inde.

On a désinfecté les oeufs du ver à soie tasar du chêne, *Antheraea proylei* J. avec différentes concentrations d'acide chlorhydrique, d'acide sulfurique (à 1, 2 et 3 %) et de formaldéhyde (à 3, 4 et 5 %). Chez un autre lot, un mélange d'acide chlorhydrique (à 3, 4, 5 %) et de formaldéhyde (à 3, 4 et 5 %) en proportions égales (volume par volume) aux mêmes concentrations est appliqué séparément deux jours avant l'éclosion. L'effet combiné de l'acide chlorhydrique (à 3 %) et du formaldéhyde (à 3 %) diminue significativement la mortalité larvaire due aux maladies à 6,17 % pendant la récolte de printemps, contre 21,47 % (témoin) et à 18,13 % contre 47,67 % (témoin) pendant la récolte d'automne. Quelle que soit la nature des produits chimiques, la désinfection des œufs présente de sérieux avantages par rapport aux équivalents non traités pour obtenir une éclosion uniforme et un taux effectif d'élevage plus élevés et moins de mortalité larvaire.

INTRODUCTION

Le ver à soie tasar du chêne, *Antheraea proylei* Jolly est l'espèce de ver à soie la plus répandue élevée dans le Manipur. Les maladies importantes d'*Antheraea mylitta* D. comprennent la pébrine (protozoaire), la flacherie (bactérienne), la grasserie (virale) et les mycoses (fongiques). Les maladies bactériennes et virales sont une préoccupation majeure et entraînent de lourdes pertes (Thangavelu et coll., 1995). Les maladies virales provoquées par le virus de la polyédrose cytoplasmique (CPV) représentent un souci majeur chez *A. proylei* dans le Manipur et entraînent une diminution du rendement en cocons de respectivement 17 et 37 % pendant la récolte de printemps et d'été (Luikham et coll., 2002). Par ailleurs, puisque les vers à soie du chêne tasar sont élevés à l'extérieur, les vers sont exposés aux calamités naturelles et soumis aux infestations pendant le stade larvaire. Ces maladies microbiennes sont les principales menaces biotiques qui déterminent le succès de l'industrie du ver à soie tasar du chêne. La production de cocons de grainage du ver à soie de qualité dépend donc largement de la production d'oeufs de vers à soie de qualité et de l'élevage de larves de vers à soie saines. Une fois que l'infestation s'est produite, les maladies se propagent rapidement à toute la population, par conséquent cela entraîne des pertes de récoltes maximum. Dans l'élevage du ver à soie, la désinfection est donc primordiale pour minimiser les problèmes dus aux maladies et pour obtenir un rendement rentable en cocons.

De nombreux chercheurs ont utilisé la désinfection des vers à soie avec succès. On a procédé à la désinfection réussie des magnaneries et des litières avec du formol et du chlorure de chaux dans l'élevage du ver à soie du mûrier (Laxman et coll., 1998). Baig et coll., (1990a) ont signalé que certains désinfectants de litière comme le Reshamkeet oushadh sont efficaces contre les maladies virales chez le ver à soie *Bombyx mori* L. Baig et coll., (1993) ont aussi signalé que différentes combinaisons de

* E-mail : segibidya@gmail.com

désinfectants de litière, le captan, le paraformaldéhyde, l'acide benzoïque et la chaux sont efficaces à la fois pour la polyédrose nucléaire (grasserie) et la muscardine blanche dans le cas de *B. mori*. Vail et coll., (1968) ont testé le formol comme désinfectant contre la polyédrose nucléaire. Sharam et coll., (1994) ont signalé qu'une solution de formol à 2 % prévient efficacement l'infestation par la polyédrose nucléaire chez le ver à soie. De nombreux chercheurs Hosny et coll., (1986), Chinnaswamy et coll., (1986) ont aussi mis en évidence l'importance de la désinfection avec différents désinfectants chez *B. mori* L. Cependant, l'utilisation d'antibiotiques a peu d'effets sur la maladie de la flacherie chez *B. mori* (Baig et coll., 1990b).

Cependant, on n'a pas suffisamment réalisé de travaux similaires et de publications sur la désinfection de la surface de l'œuf chez le ver à soie tassar du chêne, *A. proylei*. Cette étude présente les techniques et l'efficacité des différents désinfectants de la surface de l'œuf en tant que mesure prophylactique contre les maladies microbiennes gênantes, dans le but d'augmenter la qualité du rendement en cocons.

MATERIELS ET METHODES

Avant de désinfecter leur surface, on regroupe les œufs de ver à soie dans des sacs en nylon (15 × 20 cm) et on les trempe dans une solution d'hydroxyde de sodium à 0,5 % pendant 30 secondes à température ambiante. Puis, on lave soigneusement le contenu sous l'eau du robinet pendant 1 min et on égoutte complètement l'eau en trop. Puis, on désinfecte la surface des œufs dans les sacs en nylon en les trempant séparément dans différentes concentrations de produits chimiques, c'est-à-dire dans l'acide chlorhydrique (1, 2, 3 %), dans l'acide sulfurique (à 1, 2, 3 %), dans la solution de formaldéhyde (à 3, 4, 5 %) et dans un mélange d'acide chlorhydrique et de formaldéhyde (3 % + 3 %), (4 % + 4 %) et (5 % + 5 %) pendant 10 minutes. On lave les œufs désinfectés à l'eau courante pour enlever complètement les traces de produits chimiques. Puis, on sèche les œufs désinfectés et on les incube à $24 \pm 2^\circ \text{C}$ et $75 \pm 5\%$ d'HR. Chaque lot traité est constitué de 100 œufs, avec 5 répétitions. On maintient des œufs non traités comme témoins pour l'expérience. On compte les larves qui viennent d'éclore pendant 3 jours consécutifs et on les élève. On observe chaque jour la mortalité larvaire due aux maladies pendant toute la période d'élevage et on calcule le taux effectif d'élevage (% ERR).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données présentées dans le Tableau I montrent que l'application des trois désinfectants chimiques des œufs, c'est à dire l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, la formaldéhyde et un mélange d'acide chlorhydrique et de formaldéhyde déposés sur la surface de l'œuf a des effets remarquables sur la mortalité larvaire due aux maladies chez *A. proylei*. La désinfection des œufs diminue significativement la mortalité larvaire qui se situe dans une fourchette de 6,2 à 12,4 % pendant la récolte de printemps et de 18,1 à 36,7 % pendant la récolte d'automne contre respectivement 21,5 et 47,7 % chez le témoin. Les quatre traitements chimiques présentent une différence considérable d'efficacité à différentes concentrations. Le traitement avec un mélange d'acide chlorhydrique et de formaldéhyde en volumes égaux de 3 % chacun, entraîne le taux de mortalité larvaire le plus faible d'à peine 6,2 % au printemps et de 18,1 % par rapport aux témoins non traités de 21,5 et 47,7 % respectivement pendant la première et la seconde récolte. Le mélange présente aussi le taux effectif d'élevage (% ERR) le plus élevé de 83 % et 30,4 % pendant la première et la deuxième récolte contre respectivement 47,4 et 6,3 chez les témoins non traités. En volumes égaux de 5 % chacun, le mélange chimique présente aussi les pourcentages d'éclosion les plus élevés de 85,9 et 86,2 % contre 69,9 et 67 (%) (témoin) pendant respectivement la première et la deuxième récolte. A toutes les concentrations (1, 2 et 3 %), l'efficacité de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique comme

désinfectants de la surface de l'œuf est inférieure par comparaison à celle du formaldéhyde et à celle du mélange d'acide chlorhydrique et de formaldéhyde.

Kumar et Griyaghey (1995) ont observé que les vers *A. mylitta* subissent une infestation secondaire par les excréments ou par contact direct avec les vers malades. La désinfection prophylactique est donc essentielle pour maîtriser l'infestation secondaire des vers. En plus de la désinfection des œufs de *A. mylitta* avec du formol, la désinfection prophylactique des vers avec de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,5 % est très efficace. Luikham et coll., (2008) ont maintenu que le traitement prophylactique des larves d'*A. proylei* avec des solutions alcalines d'hydroxyde de sodium à 0,05 ; 0,125 et 0,25 % et d'hydroxyde de calcium à 0,5 % une fois pendant chaque âge (1^{er} au 4^{ème} âge) et deux fois pendant le 5^{ème} âge donne le meilleur rendement en cocons (68 %) contre 30 % chez le témoin non traité. Cependant, Singh et coll., (1999) ont observé qu'une fois que la polyédrose nucléaire a commencé, aucune désinfection n'est efficace pour empêcher que les larves ne soient infestées. Sahya et coll., (2005) ont signalé qu'une désinfection correcte est l'un des facteurs clés déterminant pour la réussite de la sériciculture. La désinfection est donc en fait efficace comme mesure préventive, mais non pas comme mesure curative contre les maladies.

Les maladies microbiennes du ver à soie tasar du chêne sont contagieuses et se répandent rapidement au sein de la population à partir d'une source ou d'une autre. La surface des œufs contaminés et les vers à soie infestés, en plus de l'ingestion d'aliments provenant de sources contaminées par des pathogènes microbiens, servent d'inoculum primaire et secondaire des maladies chez les larves *A. proylei*, ce qui entraîne une mortalité larvaire qui diminue sérieusement les récoltes. Les résultats de cette étude montrent clairement que la désinfection de la surface de l'œuf avec les désinfectants adaptés présentés ci-dessus est une tâche primordiale et inévitable pour le développement de l'industrie du ver à soie tasar du chêne.

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 (4^{ème} 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.