

sericologia

Revue des Vers à Soie

Journal of Silkworms

Publiée par la Commission Séricicole Internationale
Published by the International Sericultural Commission
26, rue Bellecordière - 69002 Lyon - France

Directeur Gérant
Rédacteur en Chef

B. MAUCHAMP
G. CHAVANCY

Managing Director
Chief Editor

COMITE DE REDACTION **EDITORIAL BOARD**

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

LEA H. Z. (Corée / *Korea*)
LEGAY J.-M. (France)
MACHII H. (Japon / *Japan*)
MASE K. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
MIRANDA J. E. (Brésil / *Brazil*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
TRENCZEK T. (Allemagne / *Germany*)
TZENOV P. (Bulgarie / *Bulgaria*)
VAGO C. (France)
XIA Q. (Chine / *China*)
YAMASHITA O. (Japon / *Japan*)
YUNGEN M. (Chine / *China*)

SOMMAIRE – CONTENTS

Article scientifique / Scientific paper

- Screening of *Bombyx mori* silkworm races for detection of denonucleosis virus-2 resistance genes (*nsd-2*) 145**
 Evaluation des races du ver à soie, *Bombyx mori* pour détecter les gènes de résistance au virus-2 de la denonucléose (*nsd-2*) 157
 K. M. PONNUVEL, GEETHA N. MURTHY, L. TRIVENI, A. K. AWASTHI,
 C. G. P. RAO, N. B. VIJAYAPRAKASH & C. K. KAMBLE

Rapports techniques / Technical reports

- Assessment of current status of women farmers in sericulture using empowerment indicators 163**
 Evaluation de la situation actuelle des séricicultrices en utilisant des indicateurs d'autonomisation 175
 G. S. GEETHA
- Selection of resistance to infectious flacherie virus in the population of silkworm *Bombyx mori* L. 185**
 Sélection de la résistance au virus de la flacherie infectieuse dans la population du ver à soie *Bombyx mori* L. 193
 P. SUDHAKARA RAO, T. SELVA KUMAR, S. D. SHARMA & J. JUSTIN KUMAR
- Evaluation of the efficacy of bio-control agents of the uzi fly, *Exorista bombycis* (Louis) to minimize the infestation of uzi fly in the field 197**
 Evaluation de l'efficacité d'agents de lutte biologique contre la mouche uzi, *Exorista bombycis* (Louis) pour minimiser l'infestation sur le terrain 207
 G. VEERANNA & M. R. NIRMALA
- An approach for enriching the mulberry leaf quality for silkworm seed crop with phosphorus fortification 213**
 Une approche pour améliorer la qualité de la feuille de mûrier avec une fortification au phosphore pour la récolte de grainage du ver à soie 219
 G. VEMANANDA REDDY, M. VENKATACHALAPATHY & S. S. SINDAGI
- Characteristics analysis of the silkworm strains producing flat-way silk 223**
 Caractéristiques des souches de vers à soie filant la soie à plat 233
 FEI JIEMING & KUAI YUANZHANG
- Studies on hybrid vigour in different crosses of the eri silkworm, *Samia ricini* Donovan and identification of superior hybrids 237**
 Etudes sur la vigueur hybride dans différents croisements du ver à soie eri, *Samia ricini* Donovan et identification d'hybrides supérieurs 245
 Y. DEBARAJ, N. IBOTOMBI SINGH, L. SOMEN SINGH & RAVINDRA SINGH

Physio-biochemical characterization of two mulberry genotypes under sewage water irrigation 249

Caractérisation physio-biochimique de deux génotypes de mûrier irrigués avec de l'eau des égouts 259

D. M. RAM RAO, M. MUNIRATHNAM REDDY, O. K. GOPINATH & G. S. VINDHYA

Studies on processing of muga waste in mill spinning to produce quality spun silk yarn and its characterization 265

Etudes sur la transformation des déchets du muga dans la filature pour produire un fil de soie filé de qualité et présentation de ses caractères 285

KARIYAPPA, K. P. SHIVAKUMAR, P. M. DAMODARA RAO, SUBRATA ROY & T. H. SOMASHEKAR

SCREENING OF *BOMBYX MORI* SILKWORM RACES FOR DETECTION OF DENSONUCLEOSIS VIRUS-2 RESISTANCE GENES (*NSD-2*)

K. M. PONNUVEL*, GEETHA N. MURTHY, L. TRIVENI, A. K. AWASTHI,
C. G. P. RAO, N. B. VIJAYAPRAKASH & C. K. KAMBLE[#]

Seribiotech Research Laboratory, Carmelaram Post, Kodathi, Bangalore – 560 035, Karnataka, India.

[#] Central Sericultural Germplasm Resources Centre, PB No.44, Thally Road, Hosur – 635 109, Tamil Nadu, India.

The full length amino acid transporter gene is reported as Densonucleosis Virus-2(DNV2) susceptible gene (nsd-2) and truncated gene as DNV2 resistant gene in the silkworm Bombyx mori. Screening of 70 multivoltine silkworm germplasm races for nsd-2 gene revealed that 71% were susceptible, while 29% were resistant to BmDNV2. Similarly, 94% of the bivoltine silkworm germplasm races were susceptible to BmDNV2, while, only two races viz. KA and M-III recorded resistance to the virus. The susceptible races included those most widely reared by sericulturists like CSR2, CSR4 etc. thus justifying the prevalence and severity of infection by BmDNV2 in the field. These findings are very important from the point of taking up silkworm breeding studies aimed at developing BmDNV2 resistant breeds. The present study provides evidence for the availability of silkworm germplasm resources that are resistant to BmDNV2. Since, the mechanism of non-susceptibility of silkworm B. mori to BmDNV2 is controlled by a single recessive gene viz. nsd-2 future programmes can aim at introduction of this gene into the silkworm breeding program, or transfer of the gene to an existing superior variety by backcrossing.

Keywords: Densonucleosis virus, susceptibility, *nsd-2*, *Bombyx mori*

INTRODUCTION

Sericulture has been one of the main branches of agriculture in Asiatic countries for hundred of years and as a truly domesticated insect, the silkworm is of great economic value as a model for genetics as well as molecular biology research. One of the major constraints in cocoon production is the occurrence of diseases in silkworm, which results in cocoon crop loss. Most cases of crop failure, recorded at farmer's level are the direct result of outbreak of diseases in silkworm rearing. *B. mori* is susceptible to infection by a number of commercially important diseases causing economic damage. Of these, virus diseases are the most important i. e. nuclear polyhedrosis (NPV), cytoplasmic polyhedrosis (CPV), infectious flacherie caused by infectious flacherie virus (IFV) and densonucleosis caused by the densonucleosis virus (DNV). In NPV, CPV and IFV, the differences in susceptibility i.e. refractoriness is controlled by polygenes. In contrast, in DNV, the refractoriness is complete and absolute. The refractoriness is controlled by recessive (*nsd-1*, *nsd-2*) or dominant (*Nid-1*) major genes.

* Address for corresponding author: Dr. K.M. Ponnuvel, Seribiotech Research Laboratory, Carmelaram Post, Kodathi, Bangalore – 560 035, Karnataka, India, Phone: +91-80-28440651, Fax: +91-80-28439597, e-mail: kmpvel@yahoo.com

Bombyx mori Densonucleosis virus (*Bm*DNV) belongs to the genus Iteravirus of the subfamily Densovirinae of the family Parvoviridae (Murphy *et al.* 1995). *Bm*DNV is characterized by very narrow host range and tissue specificity. The DNA of *Bombyx* DNV is composed of a linear, single-stranded molecule with a molecular weight of about 1.7×10^6 , and two complementary strands are contained in different particles of the DNV (Ito *et al.* 2007). DNA synthesis occurs predominantly in infected nuclei of columnar cells of the silkworm midgut, indicating that the virus multiplies in the nucleus (Bando, *et al.* 1987). *Bm* DNVs are classified into two groups *Bm*DNV type 1 (DNV-1) and *Bm*DNV type 2 (DNV-2) (Watanabe *et al.* 1986). Four unlinked mutations, *nsd-1*(1), *Nid-1* (2), *nsd-2* (3), and *nsd-Z* (4), which were originally discovered in different *Bombyx* strains, control non-susceptibility to infection by two distinctly different types of virus, *Bm*DNV-1 and -2 (or Z) (Ito *et al.* 2007). In DNV1 two genes are responsible for resistance viz. *nsd-1* for non-susceptibility and *Nid-1* for non-infection, while, the resistance to DNV2 is controlled by a single recessive gene *nsd-2* (Watanabe, 2002). Ito *et al.* 2007 for the first time, isolated *nsd-2*, a putative transporter gene by positional cloning using *Bombyx* genome information (11–15) and revealed that a deletion of ~6kb and an insertion of 34 bp in the region corresponding to 9 of 12 predicted transmembrane domains confer resistance to *Bm*DNV2. They suggested that, the complete membrane protein functions as a receptor for *Bm*DNV2, and the site that the virus recognizes as a target is present in the deleted portion of the membrane protein, *nsd-2*.

Hence, an attempt is made in the present study to detect amino acid transporter genes (*nsd-2*) responsible for DNV-2 resistance / susceptibility in popular Indian multivoltine and bivoltine *B. mori* races through polymerase chain reaction (PCR) with primers designed for the same. The information obtained from these studies will be utilized to plan future breeding programmes for developing DNV2 resistant silkworm races.

MATERIALS AND METHODS

Screening of productive multivoltine and bivoltine silkworm races:

A total of 70 multivoltine and 34 bivoltine *B. mori* silkworm races obtained from the Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur, India were utilized for the study. Details of the races studied are indicated in Table I. As a closely related species, the wild silkworm viz. *Theophila religiosa* was also utilized for comparison with *B. mori* races. A survey was also carried out in farmers' fields and flacherie affected *B. mori* silkworms were collected and tested for presence of Densonucleosis virus (DNV) and Infectious Flacherie Virus (IFV) to ascertain the severity of the disease caused by DNV2.

Designing of primers:

The gene sequence for resistance to *B. mori* DNV2 (*nsd-2*) with accession number AB365597 and for susceptibility with accession number AB365598, were retrieved from NCBI databases. Based on the aforesaid sequence, two sets of primers were designed i. e. aa-trans1 to identify resistance and aa-trans3 to identify susceptibility to DNV2. The aa-trans1 forward primer (5'-TCTACGTGCTTTCATACTACGTATC) had binding site within exon 4 and reverse primer (5'-TTCCTCACGTTTCTGAATTTCTCTTG) within exon 14. The aa-trans3 forward primer (5'-GGTAAGAGGTCCAACGCTGTTAAGTT) had binding site at exon 13, 3' flanking region and reverse primer (5'-TTCCTCACGTTTCTGAATTTCTCTTG) within exon 14.

Similarly, the gene sequence with accession number AY033435.1 was utilized to design primers to identify presence of DNV1 (forward primer - 5'-AGAGGTGAACACGAAGAATA) and (reverse primer - 5'-GGCGTGAAGTATGTGGAAAT).

Table I. Details of silkworm germplasm races screened for detection of gene for susceptibility / resistance to *BmDNV2*.*Tableau I. Caractéristiques des germoplasmes de vers à soie évalués par rapport à la présence du gène de sensibilité / de résistance à BmDNV2.*

| Acc. No. | Multivoltine Race | Origin | Parentage | Amplification (+ / -) | | Status |
|-------------|-------------------|------------|--|-----------------------|----------|--------|
| | | | | aa-transl | aatrans3 | |
| No. d'ordre | Race polyvoltine | Origine | Parenté | | | Type |
| 1 | PURE MYSORE | India | Original | + | + | S |
| 2 | SARUPAT | India | Original | + | - | R |
| 3 | MORIA | India | Original | + | + | S |
| 4 | TAMILNADU WHITE | India | PM × J122 | + | - | R |
| 5 | C.NICHI | Japan | Original | - | - | R |
| 6 | HOSA MYSORE | India | PM.A4e | - | + | S |
| 7 | MYSORE PRINCESS | India | (PM.NN6D) | - | + | S |
| 8 | KOLAR GOLD | India | (Hosho Shungetsu) (PM.NN6D) | - | + | S |
| 9 | KOLLEGAL JAWAN | India | (Hosho Shungetsu) (PM.NN6D) | - | + | S |
| 10 | MY-1 | India | PM.Nistari | - | + | S |
| 11 | P2DI | India | (PM.Daizo) NB2C1 | + | + | S |
| 12 | RONG DAIZO | China | Chinese Hybrid | - | + | S |
| 13 | GUANGNONG PLAIN | China | Guangnong | + | + | S |
| 14 | OS-616 | India | Oval, S-15 | - | + | S |
| 15 | RAJ | Bangladesh | Original | - | + | S |
| 16 | G | India | N(X-ray / rayons X) M2,CB1, KPG-B | - | + | S |
| 17 | Ni | India | Original | - | + | S |
| 18 | Ni (M) | India | Nistari | - | - | R |
| 19 | Ni (P) | India | Nistari | - | + | S |
| 20 | ZPN (SL) | India | Zebra (SL), Nistari | - | + | S |
| 21 | CB5 | India | N(M),M2, KB, N122, C110, C124, J124 | - | + | S |
| 22 | KW2 | India | Not Available | - | + | S |
| 23 | M2 | India | N (Chemical Mutagenesis/ <i>Mutagenèse chimique</i>) | - | + | S |
| 24 | A23 | India | Nistari, M2, O, G | + | + | S |
| 25 | A25 | India | Nistari, M2, O, G | + | + | S |
| 26 | OVAL | India | N(X-ray / rayons X) M2,KPG-B,CB-1 | + | + | S |
| 27 | O | India | Nistari(J112,NN6D, KA, KB) | + | + | S |
| 28 | M83 (C) | India | M83 (Eur), Nistari | - | - | R |
| 29 | B | India | Nistari, KPG-B | + | + | S |
| 30 | GNM | China | Guangnong | + | - | R |
| 31 | A14DY | India | (N122.C110),(N124, C124) N | - | - | R |

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

| Acc. No. | Multivoltine Race | Origin | Parentage | Amplification (+ / -) | | Status |
|-------------|-------------------|------------|--|-----------------------|----------|--------|
| | | | | aa-trans1 | aatrans3 | |
| No. d'ordre | Race polyvoltine | Origine | Parenté | | | Type |
| 32 | A4c | India | (MYS1.BW) (MYS (N122.C110) (N124.C124) | + | - | R |
| 33 | PA12 | India | PM.A4c | - | + | S |
| 34 | AP12 | India | A4c.PM | - | - | R |
| 35 | A13 | India | PM.KA | + | + | S |
| 36 | PMX | India | PM(IRRd) | - | + | S |
| 37 | PMS2 | India | PM(IRR-FS) | - | + | S |
| 38 | MU1 | India | PM(IRRd) | + | - | R |
| 39 | MU11 | India | PM.NB18 | + | + | S |
| 40 | WA11 | India | MUTN | + | + | S |
| 41 | WA14 | India | MUTN | + | - | R |
| 42 | MY23 | India | (HN.Nistari) (PM.HM)PA11 | + | - | R |
| 43 | MW13 | India | (PM.MP)NB7 | + | - | R |
| 44 | MHMP (W) | India | (PM.HM)MP | - | - | R |
| 45 | MHMP (Y) | India | (PM.HM)MP | - | + | S |
| 46 | P4D3 | India | (PM.Daizo)NB4D1 | - | + | S |
| 47 | NISTID(Y) | Bangladesh | (Nistari.Italian race) (Nistari.Race italienne) | - | - | R |
| 48 | NISTID(W) | Bangladesh | (Nistari.Italian race) (Nistari.Race italienne) | - | - | R |
| 49 | NK4 | Japan | Not Available | + | - | R |
| 50 | CAMBODJ | Japan | Original | + | - | R |
| 51 | - | - | - | - | - | - |
| 52 | DAIZO | China | Original | + | + | S |
| 53 | LMP | India | (Nistari.Nistari M) | + | + | S |
| 54 | DMR | India | (Nistari.Nistari M) | - | + | S |
| 55 | LMO | India | (Nistari.Nistari M) | + | + | S |
| 56 | MY1(SL) | India | (API SL)MY1 | - | + | S |
| 57 | PM(SL) | India | (API SL)PM | - | + | S |
| 58 | BL23 | India | Not Available | - | + | S |
| 59 | BL24 | India | Not Available | - | + | S |
| 60 | MU303 | India | NB18.PM | - | + | S |
| 61 | MU520 | India | KA.NB18 | - | + | S |
| 62 | MU10 | India | Not Available | - | + | S |
| 63 | TW × SK6 × SK1 | India | TWSK6.SK1 | + | - | R |
| 64 | SK6 × SK1 × TW | India | SK6.SK1.TW | + | - | R |
| 65 | BL-43 | India | Hosa Mysore, Pure Mysore, Nistari | + | + | S |
| 66 | APM-1 | India | — | - | + | S |
| 67 | SLKSPM | India | — | - | + | S |
| 68 | M12(W) | India | — | - | + | S |
| 69 | M15 | India | — | - | + | S |
| 70 | M6DP(C) | India | — | - | + | S |
| 71 | M6DP(C) Green | India | — | - | + | S |
| 72 | M6M81 | India | — | - | + | S |

Table 1. (Continued...).

Tableau I. (Suite...).

| Acc. No. | Bivoltine Race | Origin | Parentage | Amplification (+/-) | | Status |
|----------|-----------------------|----------------|----------------------------|---------------------|----------|-------------|
| | | | | aa-trans1 | aatrans3 | |
| | <i>Race bivoltine</i> | <i>Origine</i> | <i>Parenté</i> | | | <i>Type</i> |
| 1 | CA-2 | India | NB7.SPC2 | - | + | S |
| 2 | KPG-A | India | (N122.C110) × N124.C124 | - | + | S |
| 3 | KPG-6 | India | Chinese-D.Chinese-C | - | + | S |
| 4 | KPG-7 | India | C124.C144 | - | + | S |
| 5 | HOSA MYSORE | India | PM.A4c | - | + | S |
| 6 | S-36 | India | Not Available | + | + | S |
| 7 | R.P-II | India | Not Available | - | + | S |
| 8 | M-III | India | Not Available | - | - | R |
| 9 | M-42 | India | Not Available | + | + | S |
| 10 | M-43 | India | Not Available | + | + | S |
| 11 | M-45 | India | Not Available | - | + | S |
| 12 | MJ-23 | India | Not Available | + | + | S |
| 13 | MJ-107 | India | Not Available | + | + | S |
| 14 | JAM-10 | India | Not Available | - | + | S |
| 15 | JAM-18 (M) | India | Not Available | - | + | S |
| 16 | JAM-22 (P) | India | Not Available | - | + | S |
| 17 | JAM-25 | India | Not Available | - | + | S |
| 18 | SS-15A | India | Not Available | - | + | S |
| 19 | SS-17 | India | Not Available | + | + | S |
| 20 | KPG-3 | India | JB | - | + | S |
| 21 | KPG-5 | India | Chinese-C | - | + | S |
| 22 | BORPAT | India | Original | - | + | S |
| 23 | BOROPOLU (Jammu) | India | Original | - | + | S |
| 24 | NB2A | India | Not Available | - | + | S |
| 25 | KPG-B | India | N501.C502 | - | + | S |
| 26 | P5 | India | Not Available | + | + | S |
| 27 | KA | India | (N122.C110).(N124.C124) | + | - | R |
| 28 | NB4D2 | India | (N124.C124)(Kokko.Seihaku) | - | + | S |
| 29 | NB18 | India | (N124.C124)(Kokko.Seihaku) | - | + | S |
| 30 | NB7 | India | Kinshu.Showa | - | + | S |
| 31 | CSR2 | India | — | - | + | S |
| 32 | CSR4 | India | — | - | + | S |

India / Inde. China / Chine. Japan / Japon.
Not available / Non disponible.

The primers to identify presence of DNV2 (forward - 5'-GAAGATACTGTCCCAAATGA and reverse primer - 5'-CCTTCAGGTTTAGCTTCTTG) were designed based on sequence with accession numbers VD1- AB033596 and VD2 - S78547.

Further, the gene sequence for IFV were also retrieved from NCBI databases having accession number AB000906 and a set of primers viz. forward (5'-GCGAACCAAAGCCATATGAT) and reverse primers (5'-TTAATTGCCCTCAGCTGCTT) were designed to identify presence of IFV in *B.mori*.

Genomic DNA and total RNA isolation:

Genomic DNA was isolated from individual moths of respective silkworm germplasm race and from silkworms affected by flacherie disease collected from farmers' fields as per standard protocol (Reddy *et al.* 1999). To extract the total RNA, the midguts of the flacherie affected silkworms were dissected out and RNA extracted using Trizol reagent (Invitrogen) and quantified by measuring the UV absorbance at 260 or 280 nm. The total RNA sample was denatured in formaldehyde, formamide and electrophoresed in 2.0% agarose gels. The first strand cDNA was synthesized utilizing RNA (2µg) treated with 0.5µl of DNase buffer and 0.5µl of DNase (Invitrogen) for 15 minutes. Then, the reaction was terminated by heating at 75°C for 10 minutes and 1µl 10 mM dNTP, oligo (dT)₁₈ (MWG India Pvt Ltd, Bangalore) was added followed by incubation at 65°C for 5 min. Finally 1X reverse transcriptase buffer (4µl), 5mM DTT (1µl) and M-MLV Superscript III reverse transcriptase (Invitrogen) (1µl) was added to obtain a final volume of 20µl. The reaction was terminated by heating at 75°C for 10 min according to the superscript protocol. The cDNA thus obtained was utilized to test for presence of Infectious Flacherie Virus (IFV).

Polymerase chain reaction (PCR) and product analysis:

PCR was done in an MJ Research thermal cycler, PTC200 (MJ Research Inc., 149 Grove Street, Watertown, Massachusetts, USA) using 20µl reaction containing 4µl 5 × PCR buffer, 0.5µl 10mM dNTPs, 2.0µl 25 mM MgCl₂, 10 pmoles of the forward and reverse primers each and 0.2µl of Taq DNA polymerase (MBI Fermentas) and remaining distilled water. The PCR schedule was 94° C for 2 min followed by 30 cycles of 94° C for 30s, 55° C for 30s, 72° C for 2 min and final extension of 10 min at 72° C. The PCR was resolved on 1.2% agarose gel in Tris-boric acid/ EDTA buffer with a constant voltage of 80 in parallel with standard markers. The molecular weight of PCR product was calculated using the software program viz. "INCHWORM" (www.molecularworkshop.com/pl/inch2001.pl). The amplified PCR product was cloned in pTZ57R/T vector using TA Cloning Kit (Fermentas) and sequenced at MWG Pvt. Ltd., Bangalore.

Sequence analysis of *nsd-2* gene:

The nucleic acid sequences of *nsd-2* were retrieved and analyzed for the presence of exons and introns by Spidey program (a tool for mRNA and genomic alignments) (Wheelan *et al.*, 2001)

Multiple sequence alignment and phylogenetic analysis:

The nucleotide sequences of amino acid transporter genes in different insect orders were compared using the multiple alignment Clustal W program (Thompson *et al.* 1994). The order Diptera was used as an outgroup member. The result output was obtained as a dendrogram with bootstrap values of 1,000 replications. The full length amino acid sequence of the gene was compared with *B.mori* amino acid transporter gene using BLAST (BLASTp) (Altschul *et al.* 1997). The phylogenetic relationship was analyzed using the MEGA 3.1 program (Kumar *et al.* 2004).

RESULTS

Screening of productive multivoltine and bivoltine silkworm races through Polymerase chain reaction (PCR) and product analysis:

A total of 72 multivoltine silkworm germplasm races of *B. mori* were screened with the two sets of primers i. e. aatrans1 to detect DNV2 resistance gene and aatrans3 to detect DNV2 susceptibility gene in the races through PCR. Out of the 72 races, 13 revealed presence of only DNV resistance gene (PCR product size of 805bp) and 34 presence of only DNV susceptibility gene (PCR product size of 1106bp). However, 16 races revealed presence of both DNV resistance as well as susceptibility gene. Similarly, 7 races revealed absence of DNV resistance as well as susceptibility gene (Figs.1 & 2).

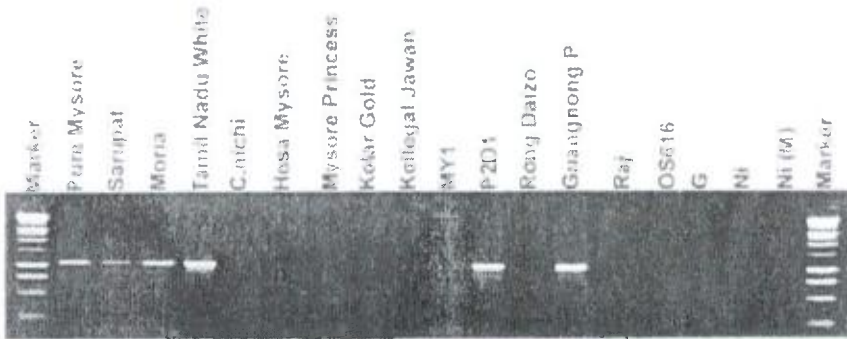


Figure 1. PCR amplification of genes for resistance to *BmDNV2* in multivoltine silkworm germplasm races.

Figure 1. Amplification PCR des gènes de résistance à BmDNV2 chez les germoplasmes de vers à soie polyvoltins.

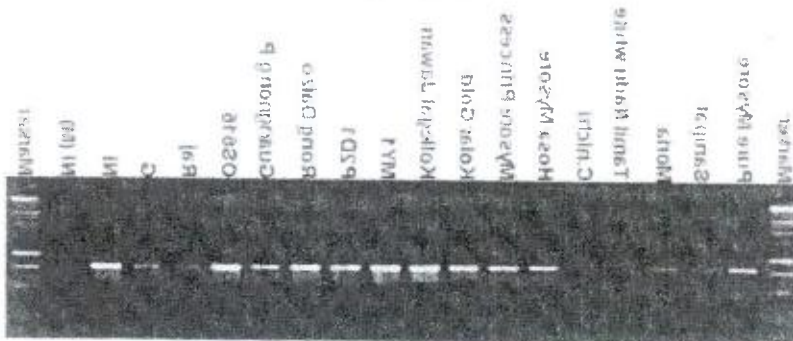


Figure 2. PCR amplification of genes for susceptibility to *BmDNV2* in multivoltine silkworm germplasm races.

Figure 2. Amplification PCR des gènes de sensibilité à BmDNV2 chez les germoplasmes de vers à soie polyvoltins.

The same sets of primers were tested on 32 bivoltine silkworm germplasm races of *B. mori*. Out of the 32 races, 1 race i. e. KA revealed presence of only DNV resistance gene and 19 presence of only DNV susceptibility gene. The remaining 11 races revealed presence of both, DNV resistance as well as susceptibility gene and 1 race i. e. M-III revealed absence of DNV resistance as well as susceptibility gene (Figs.3 & 4). A comparison was also carried out with the closely related silkworm *Theophila religiosa* with the aforesaid set of primers. Results revealed presence of only DNV susceptibility gene.

The DNA isolated from the flacherie infected *B. mori* silkworms was tested with primers designed to identify presence of DNV1 / DNV2 (Fig.5). All the samples collected revealed presence of DNV2. Further, the total RNA isolated from the flacherie infected *B. mori* silkworms were tested with IFV primers and β actin primer. However, only β actin primer was amplified indicating absence of IFV in flacherie infected silkworms.

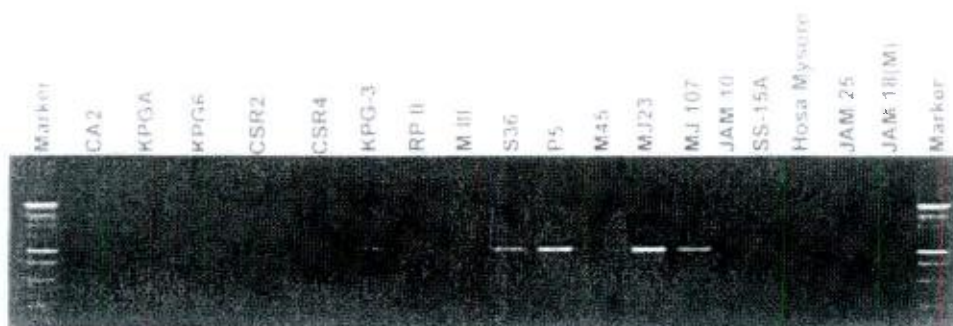


Figure 3. PCR amplification of genes for resistance to *BmDNV2* in bivoltine silkworm germplasm races.

Figure 3. Amplification PCR des gènes de résistance à *BmDNV2* chez les germoplasmes de vers à soie bivoltins.

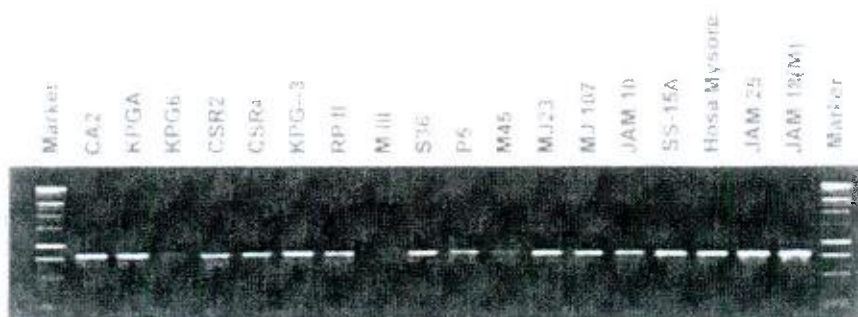


Figure 4. PCR amplification of genes for susceptibility to *BmDNV2* in bivoltine silkworm germplasm races.

Figure 4. Amplification PCR des gènes de sensibilité à *BmDNV2* chez les germoplasmes de vers à soie bivoltins.

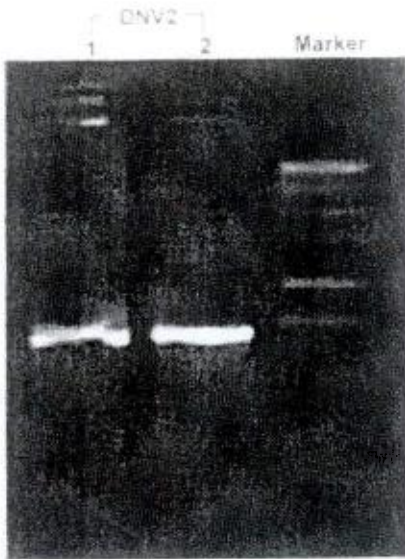


Figure 5. PCR analyses of *BmDNV2* genes in flacherie affected silkworms collected from farmers' fields.

Figure 5. Analyses PCR des gènes de *BmDNV2* chez les vers à soie atteints par la flacherie recueillis auprès des fermiers.

Sequence analysis of *nsd-2* gene:

Ito *et al.* 2007 reported the nucleic acid sequences of *nsd-2* and deposited the same in DNA database. The DNA database was analyzed by Spidey program (a tool for mRNA and genomic alignments) (Wheelan *et al.* 2001). The full length cDNA as well as corresponding genomic DNA sequences in the candidate gene found in annotation analysis were determined for the susceptible and resistant silkworm races and compared with each other. The analysis revealed that, the structure of *nsd-2* gene in the susceptible race had 14 exons, while, in the resistant race, there were only 5 exons. Results indicated that, the deletion in the resistant race corresponded to the region from exons 5-13 in susceptible race which agreed with the difference in the PCR products.

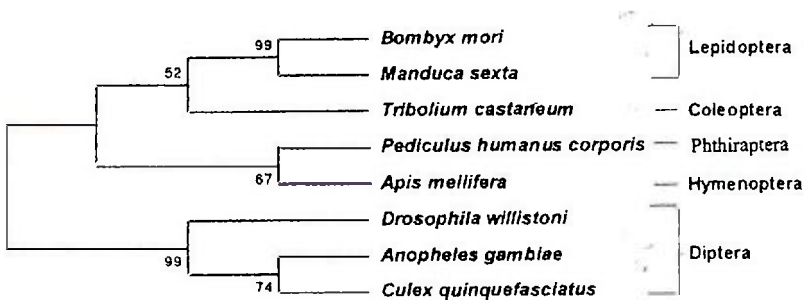


Figure 6. Phylogenetic tree based on comparison of amino acid transporter gene sequences in *Bombyx mori* and other insect species.

Figure 6. Arbre phylogénétique basé sur la comparaison des séquences de gènes de transport des acides aminés chez *Bombyx mori* et d'autres espèces d'insectes.

Multiple sequence alignment and phylogenetic analysis:

NCBI-tBLASTx search revealed high homology of the cDNA sequence of the *nsd-2* gene from susceptible silkworm race with amino acid transporter genes of *Manduca sexta*. Neighbourhood-joining analysis revealed that the tested amino acid transporter genes formed two major clusters with highly significant bootstrap values (Fig.6). The first group comprised of Lepidopteran members viz. *B. mori* and *Manduca sexta* as well as Coleopteran member viz. *Tribolium castaneum* which formed a separate sub-group. The second group consisted of two orders viz. Phthiraptera (*Pediculus humanus corporis*) and Hymenoptera (*Apis mellifera*). The third group comprising of Dipteran members viz. *Drosophila willistoni*, *Anopheles gambiae* and *Culex quinquefasciatus* formed an out-group. In the third cluster, *Drosophila willistoni* formed a separate sub-group.

DISCUSSION

The immune responses of insects to bacteria or fungi have been much studied compared to responses to viral infections which are yet to be well understood. Studies related to resistance / susceptibility of insects to viruses is important as viral agents are effective in biological control of pests and for breeding resistant strains of beneficial insects (Bao *et al.* 2008). The silkworm *B. mori* exhibits high intraspecific variability in its resistance to viral diseases (Watanabe, 2002). The BmDENV is a major pathogen causing flacherie disease with certain *Bombyx* strains being highly susceptible and others exhibiting complete resistance (Abe *et al.* 1998).

Of the silkworm diseases which cause economic damage, virus diseases are the most important. In India, the annual loss of silk cocoon is an estimated 30-40% with flacherie disease contributing to it in a large way (Awasthi *et al.* 2008). In the present study, survey was carried out in Kolar (Karnataka) and Madakasira (Andhra Pradesh) for collection of flacherie affected silkworms. Analysis of the genomic DNA and total RNA with DNV2 and IFV primers revealed that, out of 100 samples, 80 recorded presence of DNV2. Further, the study also revealed the susceptibility of productive breeds like CSR2, CSR4 etc. These results thus throw light on the prevalence and severity of infection by DNV2 which also prompted to take up screening of silkworm germplasm races.

Ito *et al.* 2007 reported that, the resistance to DNV2 is caused by a ~6kb deletion in the ORF of a gene encoding a 12 pass transmembrane protein, a member of an amino acid transporter family and expressed only in the midgut. It was also reported that, germ-line transformation with a wild type transgene expressed in the midgut restores susceptibility, showing that the defective membrane protein is responsible for resistance. Genetic analysis revealed that, a recessive gene viz. *nsd-2* is responsible for resistance of *Bombyx* strains to BmDENV2 (Seki, 1984).

The presence of DNV2 susceptibility gene in 34 races and of both DNV2 resistance as well as susceptibility genes in 16 races of the 70 multivoltine silkworm germplasm races screened indicating a heterozygous susceptible condition revealed 71% susceptibility of the races to BmDENV2. Similarly, presence of DNV2 resistance gene in 13 races and absence of both DNV2 resistance as well as susceptibility genes in 7 races indicating a homozygous resistant condition, reveals that, only 29% of the multivoltine silkworm germplasm races screened are resistant to BmDENV2. In the above direction, DNV2 susceptibility gene was present in 19 of the 32 bivoltine silkworm germplasm races screened, while, 11 races had both DNV2 resistance as well as susceptibility genes indicating heterozygous condition of susceptibility. The results thus revealed 94% susceptibility of the races to BmDENV2. The races screened include most widely reared silkworms by sericulturists like CSR2, CSR4 etc. thus justifying the prevalence and severity of infection by DNV2 in the field. Only one viz. KA race revealed presence of DNV2 resistance gene, while, another one viz. M-III recorded absence of both DNV2 resistance as well as susceptibility genes which indicates a homozygous

resistant condition. These findings from the present study are very important from the point of taking up silkworm breeding studies aimed at developing *Bm*DNV2 resistant breeds.

Ito *et al.* 2007 tested *B. mandarina*, which is considered to have a common ancestor to *B. mori* and found it to be susceptible to BmDNV-2. Hence, they suggested that, this form of DNV2 resistance may be an acquired mutation through silkworm breeding improvement. In contrast, considering that the susceptibility to DNV1 is reversed in being present in genetically improved strains, DNV2 is likely to be a native disease of *Bombyx*, whereas the origin of DNV1 is likely to be from pathogens of other insects. However, in India land races like Nistari and Tamil Nadu white that revealed presence of resistance gene for BmDNV2 indicated that, the resistance is inherent in the breed and not acquired through silkworm breeding improvement.

Phylogenetic analyses show that the amino acid transporter gene in the species studied has evolved from a common ancestor and reveal a close relationship between *B. mori* and other Lepidoptera viz. *Manduca sexta*. Thus, the said gene is conserved in different insects. The present study also provides preliminary information on the evolutionary history of the amino acid transporter gene in different insect species indicating the gene is well conserved in insect taxa.

The genetic stocks of silkworm *B. mori* are invaluable biological resources for basic as well as applied sciences with some races susceptible to diseases and others resistant. This aspect was considered in the present study and lead to the observation of *Bm*DNV2 resistant silkworm germplasm resources. The present study thus provides evidence for the availability of silkworm germplasm resources susceptible as well as resistant to *Bm*DNV2. It is a well known fact that, the mechanism of non-susceptibility of silkworm *B. mori* to *Bm*DNV2 is controlled by a single recessive gene viz. *nsd-2* (Seki, 1984; Ito *et al.* 2007). Future programmes can aim at introduction of the genes responsible for non-susceptibility of silkworm *B. mori* to *Bm*DNV2 into the silkworm breeding program, or transfer of the gene to an existing superior variety by backcrossing. Thus studies on control of virus during sericulture activities will no more be essential. Further, genetic analysis of disease resistance also leads to wider research on insect-microbe interactions.

ACKNOWLEDGEMENTS

Department of Biotechnology, Ministry of Science and Technology, Government of India (BT/PR11397/PBD/19/192/2008 dated 30th June 2009) for supporting the research work by grants. Dr Keiko Kadono-Okuda, Division of Insect Sciences, National Institute of Agrobiological Sciences, 1-2 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan for information on primers and valuable discussion as well as technical assistance.

REFERENCES

- ABE H., HARADA T., KANEHARA M., SHIMADA T., OHBAYASHI F. & OSHIHIKI, T. (1998). Genetic mapping of RAPD markers linked to the Densonucleosis refractoriness gene, *nsd-1* in the silkworm *Bombyx mori* Genes Genet. Syst. 73: 237-242
- ALTSCHUL, M.D., MADDEN, T. I., SCHAFFER, A.A., ZHANG, J., ZHANG, Z., MILLER, W. & LIPMAN, D.J. (1997). Gapped BLAST and PSI-BLAST; a new generation of protein database search programs, Nucleic Acids. Res. 25: 3389
- AWASTHI A.K., PRADEEP A.R., SRIVASTAVA P.P., VIJAYAN K, VINEET KUMAR & RAJE URS S. (2008). PCR detection of Densonucleosis virus isolates in silkworm (*Bombyx mori*) from India and their variability. Indian Journal of Biotechnology 7: 56-60
- BAO Y., LI M., ZHAO Y., GE J., WANG C., HUANG Y. & ZHANG C. (2008). Differentially expressed genes in resistant and susceptible *Bombyx mori* strains infected with a densonucleosis virus Insc. Biochem. and Mol. Biol. 38: 853-861

- BANDO H., HAYAKAWA T., AASANO S., SAHARA K., NAKAGAKI M. & IIZUKA T. (1995). Analysis of the genetic information of a DNA segment of a new virus from silkworm. Arch. Virol. 140: 1147-1155.
- BANDO H., KUSUDA J., GOJOBORI T., MARUYAMA T. & KAWASE S. (1987). Organization and nucleotide sequence of a densovirus genome imply a host-dependent evolution of the parvoviruses Journal of Virology 61 (2): 553-560.
- BANDO H., CHOI H., ITO Y., NAKAGAKI M. & KAWASE S. (1992). Structural analysis on the single-stranded genomic DNAs of the virus newly isolated from silkworm: the DNA molecules share a common terminal sequence. Arch. Virol. 124: 187-193.
- ITO K., KIDOKORO K., SEZUTSU H., NOHATA J., YAMAMOTO K., KOBAYASHI I., UCHINO K., KALYEBIA., EGUCHI R., HARA W., TAMURA T., KATSUMA S., SHIMADA T., MITA K. & KADONO-OKUDA K. (2007). Deletion of a gene encoding an amino acid transporter in the midgut membrane causes resistance to *Bombyx* parvo-like virus Proc. Natl. Acad. Sci., USA 105 (21): 7523-7527.
- KUMAR S., TAMURA K. & NEI M. (2004). MEGA3: Integrated software for Molecular Evolutionary Genetics Analysis and sequence alignment. Brief. Bioinformatics 5: 150-163.
- MURPHY F. A., FAUQUET C. M., BISHOP D. H. L., GHABRIAL S. A., JARVIS A. W., MARTELLI G. P., MAYO M. A., & SUMMERS M. D. (1995). "Virus Taxonomy," p. 586. Sixth report of the international committee on taxonomy of virus, Springer-Verlag, New York.
- REDDY K.D., ABRAHAM E.G. & NAGARAJU J. (1999). Microsatellites in the silkworm *Bombyx mori*: abundance, polymorphism, and strain characterization. Genome 42: 1057-60.
- SEKI H. (1984). Mode of inheritance of the resistance to the infection with the Densonucleosis virus (Yamanashi isolate) in the silkworm *Bombyx mori*. J.Seric.Sci.Jpn.53: 472-475.
- THOMPSON J.D., GIBSON T.J., PLEWNIAK F., JEANMOUGIN F. & HIGGINS D.G. (1994). The ClustalX windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. Nucleic Acids Research, 24: 4876-4882.
- TIJSSEN P. & BERGOIN M. (1995). Densonucleosis viruses constitute an increasingly diversified subfamily among the parvoviruses. Semin. Virol. 6:347-355.
- WATANABE H., KAWASE S., SHIMIZU T. & SEKI H. (1986). Difference in serological characteristics of densonucleosis viruses in the silkworm *Bombyx mori* J. Sericol. Sci. Jpn. 55(1): 75-76.
- WATANABE H. (2002). Genetic resistance of the silkworm *Bombyx mori* to viral diseases Curr. Sci. 83: 439-446.
- WHEELAN S. I., CHURCH D. M. & OSTELL J. M. (2001). Spidey – a tool for mRNA to genomic alignments. Genome research, 11: 1952-7.

EVALUATION DES RACES DU VER A SOIE, *BOMBYX MORI* POUR DETECTER LES GENES DE RESISTANCE AU VIRUS-2 DE LA DENSONUCLEOSE (*NSD-2*)

K. M. PONNUVEL*, GEETHA N. MURTHY, L. TRIVENI, A. K. AWASTHI,
C. G. P. RAO, N. B. VIJAYAPRAKASH & C. K. KAMBLE

Seribiotech Research Laboratory, Carmelaram Post, Kodathi, Bangalore – 560 035, Karnataka,
Inde.

Central Sericultural Germplasm Resources Centre, PB No. 44, Thally Road, Hosur – 635 109,
Tamil Nadu, Inde.

Chez le ver à soie *Bombyx mori*, le gène complet transportant les acides aminés est répertorié comme le gène de sensibilité (*nsd-2*) au virus-2 de la denonucléose (*DNV-2*) et le gène tronqué comme le gène de résistance à *DNV-2*. L'évaluation de 70 germoplasmes de races polyvoltines du ver à soie par rapport au gène *nsd-2* révèle que 71 % sont sensibles, tandis que 29 % sont résistantes à *BmDNV2*. De même, 94 % des germoplasmes de races bivoltines du ver à soie sont sensibles à *BmDNV2*, tandis que seulement deux races, c'est-à-dire *KA* et *M-III* enregistrent une résistance au virus. Les races sensibles comprennent celles qui sont les plus élevées par les sériciculteurs comme *CSR2*, *CSR4* etc., ce qui explique la prédominance et la sévérité de l'infestation par *BmDNV2* sur le terrain. Ces observations sont très importantes lorsqu'on entreprend des études de sélection du ver à soie dans le but de mettre au point des lignées résistantes à *BmDNV2*. Cette étude apporte la preuve que des ressources de germoplasmes du ver à soie résistant à *BmDNV2* existent. Puisque le mécanisme de non-sensibilité du ver à soie *B. mori* à *BmDNV2* est contrôlé par un gène récessif unique, c'est-à-dire *nsd-2*, les futurs programmes peuvent cibler l'introduction de ce gène dans les programmes de sélection du ver à soie ou le transfert du gène chez une variété supérieure existante, par le rétrocroisement.

INTRODUCTION

La sériciculture a été l'une des principales branches de l'agriculture dans les pays asiatiques depuis des centaines d'années et en tant qu'insecte véritablement domestiqué, le ver à soie a une grande valeur économique en tant que modèle pour la génétique, ainsi que pour la recherche en biologie moléculaire. L'une des principales contraintes dans la production de cocons sont les maladies du ver à soie, qui entraînent des pertes de récolte en cocons. La plupart des cas d'échecs de récoltes, enregistrés au niveau des fermiers sont le résultat direct d'éruptions de maladies dans l'élevage du ver à soie. *B. mori* est sensible à l'infestation par un certain nombre de maladies importantes sur le plan commercial qui entraînent des dégâts économiques. Parmi celles-ci, les maladies virales sont les plus importantes, c'est-à-dire la polyédrose nucléaire (NPV), la polyédrose nucléaire cytoplasmique (CPV), la flacherie infectieuse provoquée par le virus de la flacherie infectieuse (IFV) et la denonucléose provoquée par le virus de la denonucléose (DNV). Avec NPV, CPV et IFV, les différences de sensibilité, c'est-à-dire la réfractarité, sont contrôlées par les polygènes. A l'opposé,

* Auteur auquel adresser la correspondance: Dr K. M. Ponnuvel, Seribiotech Research Laboratory, Carmelaram Post, Kodathi, Bangalore – 560 035, Karnataka, Inde. Tel. : + 91-80-28440651. Fax: + 91-80-28439597, E-mail : kmpvel@yahoo.com

chez DNV, la réfractarité est complète et absolue. La réfractarité est contrôlée par des gènes principaux récessifs (*nsd-1*, *nsd-2*) ou dominants (*Nid-1*).

Le virus de la denso nucléose de *Bombyx mori* (*BmDNV*) appartient au genre des Itevirinae de la sous-famille des Densovirinae de la famille des Parvoviridae (Murphy et coll., 1995). *BmDNV* est caractérisé par une gamme d'hôtes très étroite et une spécificité des tissus. L'ADN de *Bombyx* DNV est composé d'une molécule linéaire à brin unique avec un poids moléculaire d'environ $1,7 \times 10^6$ et deux brins complémentaires sont contenus dans différentes particules de DNV (Ito et coll., 2007). La synthèse de l'ADN se produit principalement dans les noyaux infestés des cellules colonnaires de l'intestin moyen du ver à soie, ce qui indique que le virus se multiplie dans le noyau (Bando et coll., 1987). On classe les *BmDNVs* dans deux groupes le *BmDNV* de type 1 (DNV-1) et le *BmDNV* de type 2 (DNV-2) (Watanabe et coll., 1986). Quatre mutations non liées, *nds-1* (1), *Nid-1*(2), *nsd-2*(3) et *nsd-Z* (4) qui ont été découvertes à l'origine chez différentes souches de *Bombyx*, contrôlent la non-sensibilité à l'infestation par deux types de virus distinctement différents, *BmDNV-1* et -2 (ou Z) (Ito et coll., 2007). Pour DNV1, deux gènes sont responsables de la résistance, c'est-à-dire *nsd-1* pour la non-sensibilité et *Nid-1* pour la non infestation, tandis que, la résistance à DNV-2 est contrôlée par un gène récessif unique *nsd-2* (Watanabe, 2002). Ito et coll., 2007 ont pour la première fois, isolé *nsd-2* un gène transporteur putatif par un clonage positionnel en utilisant l'information du génome *Bombyx* (11-15) et révélé qu'une délétion d' ~6 kb et une insertion de 34 bp dans la zone correspondant à 9 des 12 domaines transmembranaires prévus confèrent la résistance à *BmDNV2*. Ils ont suggéré que la protéine membranaire complète fonctionne comme un récepteur de *BmDNV2* et le site que le virus reconnaît comme cible est présent dans la partie déletée de la protéine membranaire, *nsd-2*.

Dans cette étude, on a donc essayé de détecter les gènes transportant les acides aminés (*nsd-2*) responsables de la résistance / de la sensibilité à DNV-2 chez des races de *B. mori* polyvoltines et bivoltines populaires indiennes par la réaction en chaîne de la polymérase avec des amorces conçues dans ce but. On pourra utiliser les informations obtenues à partir de cette étude pour prévoir les futurs programmes de sélection, afin de mettre au point des races de ver à soie résistant à DNV2.

MATERIELS ET METHODES

Evaluation des races de ver à soie polyvoltines et bivoltines productives :

On a utilisé un ensemble de 70 races polyvoltines et 34 races bivoltines du ver à soie *B. mori* obtenues auprès du *Central Sericultural Germplasm Resources Centre*, à Hosur en Inde pour l'étude. Les caractéristiques des races étudiées sont présentées dans le Tableau I. On utilise le papillon soyeux *Theophila religiosa*, en tant qu'espèce étroitement apparentée, pour la comparaison avec les races *B. mori*. On réalise aussi une étude sur les terrains des fermiers, et on recueille les vers à soie *B. mori* atteints par la flacherie et on teste la présence du virus de la Denso nucléose (DNV) et du virus de la Flacherie infectieuse (IFV) pour s'assurer de la sévérité de la maladie provoquée par DNV2.

Conception des amorces :

On récupère les séquences de gènes pour la résistance à *B. mori* DNV2 (*nsd-2*) avec le numéro d'ordre AB365597 et pour la sensibilité avec le numéro d'ordre AB365598 auprès des bases de données NCBI. D'après la séquence mentionnée plus haut, on conçoit deux lots d'amorces, c'est-à-dire aa-trans1 pour identifier la résistance et aa-trans3 pour identifier la sensibilité à DNV2. L'amorce sens aa-trans1 (5'- TCTACGTGCTTTCATACTACGTATC) a un site de liaison au sein de l'exon 4 et l'amorce antisens (5'-TTCCTCACGTTTCTGAATTTCTCTTG) au sein de l'exon 14. L'amorce sens aa-trans3 (5'GGTAAGAGGTCCAACGCTGTTAAGTT) a un site de liaison à l'exon 13, dans la région adjacente 3' et l'amorce antisens (5'-TTCCTCACGTTTCTGAATTTCTCTTG) au sein de l'exon 14.

De même, on utilise la séquence de gène avec le numéro d'ordre AY033435.1 pour concevoir les amorces pour identifier la présence de DNV-1 (amorce sens -5'-AGAGGTGAACACGAAGAATA) et (amorce antisens - 5' -GCGTGAAGTATGTGGGAAAT).

On conçoit les amorces pour identifier la présence de DNV2 (amorce sens - 5' GAAGATACTGTCCCAAATGA et amorce antisens -5'-CCTTCAGGTTTAGCTTCTTG) d'après la séquence avec les numéros d'ordre VD17AB033596 et VD2-S78547.

Par ailleurs, on retrouve aussi la séquence de gène pour IFV dans les bases de données NCBI avec un numéro d'ordre AB000906 et on conçoit un lot d'amorces c'est-à-dire les amorces sens (5'-GCGAACCAAAGCCATATGAT) et antisens (5'-TTAATTGCCCTCAGCTGCTT) pour identifier la présence d'IFV chez *B. mori*.

Isolement de l'ADN génomique et de l'ARN total :

On isole l'ADN génomique des papillons individuels dans les germoplasmes respectifs des races de vers à soie et chez les vers à soie atteints par la maladie de la flacherie recueillis sur le terrain, d'après le protocole standard (Reddy et coll., 1999). Pour extraire l'ARN total, on dissèque les intestins moyens des vers à soie atteint par la flacherie et on extrait l'ARN en utilisant un réactif analytique Trizol (Invitrogen) et on le quantifie en mesurant l'absorption UV à 260 ou 280 nm. On dénature l'ensemble de l'échantillon ARN dans de la formaldéhyde, du formamide et on l'électrophorèse dans des gels agarose à 2 %. On synthétise le premier brin de l'ADNc en utilisant de l'ARN (2µg) traité avec 0,5µl de tampon DNase et 0,5 µg de DNase (Invitrogen) pendant 15 minutes. Puis, on termine la réaction en chauffant à 75° C pendant 10 minutes et on ajoute 1 µl de 10 mM dNTP, oligo (dT)₁₈ (MWG India Pvt Ltd., Bangalore), suivi par une incubation à 65° C pendant 5 min. Finalement, on ajoute un tampon transcriptase inverse 1X (4 µl), 5 mM DTT (1 µl) et une transcriptase inverse Superscript M-MLV (Invitrogen) (1 µl) pour obtenir un volume final de 20 µl. On termine la réaction en chauffant à 75° C pendant 10 min. selon le protocole superscript. On utilise l'ADNc ainsi obtenue pour tester la présence du Virus de la Flacherie Infectieuse (IFV).

Réaction en chaîne par polymérase (PCR) et analyse du produit :

On procède à la PCR dans un cycleur thermique, PTC200 (MJ Research Inc., 149 Grove Street, Watertown, Massachussets, USA) en utilisant 20 µl de réaction contenant un tampon de 4µl 5 × PCR, 0,5 µl de 10 mM de dNTPs, 2,0µl 25 mM de MgCl₂, 10 pmoles de chacune des amorces sens et antisens et 0,2 µl d'ADN polymérase Taq (MBI Fermentas) et de l'eau distillée restante. Le programme PCR est de 94° C pendant 2 min., suivi par 30 cycles de 94° C pendant 30s, de 55° C pendant 30s, de 72° C pendant 2 min. et une extension finale de 10 min. à 72° C. On sépare la PCR sur un gel d'agarose à 1,2 % dans un tampon d'acide Tris-borique / EDTA avec un voltage constant de 80 en parallèle avec des marqueurs standards. On calcule le poids moléculaire du produit PCR en utilisant le logiciel « INCHWORM » (www.molecularworkshop.com/pl/inch2201.pl). On clone le produit PCR amplifié dans un vecteur pTZ57R/T en utilisant un Kit de Clonage TA (Fermentas) et on le séquence à MWG Pvt. Ltd., Bangalore.

Analyse des séquences du gène *nsd-2* :

On récupère les séquences de l'acide nucléique de *nsd-2* et on les analyse par rapport à la présence des exons et des introns avec le programme Spidey (un outil pour les alignements génomique et de l'ARNm) (Wheelan et coll., 2001).

Alignement des séquences multiples et analyse phylogénétique :

On a comparé les séquences nucléotidiques des gènes transportant les acides aminés chez différents ordres d'insectes en utilisant le programme d'alignements multiples Clustal W (Thompson

et coll., 1994). On utilise l'ordre des Diptères comme groupe externe. Le résultat est obtenu sous forme de dendrogramme avec les valeurs des amorces de 1000 répétitions. On compare la séquence complète de l'acide aminé du gène avec le gène transportant les acides aminés de *B. mori* en utilisant BLAST (BLASTp) (Altschul et coll., 1997). On analyse la relation phylogénétique en utilisant le programme MEGA 3,1 (Kumar et coll., 2004).

RESULTATS

Evaluation des races de ver à soie polyvoltines et bivoltines productives avec la réaction en chaîne par polymérase (PCR) et analyse du produit :

On évalue un ensemble de 72 germoplasmes de races polyvoltines du ver à soie *B. mori* avec deux lots d'amorces, c'est-à-dire aatrans1 pour détecter le gène de résistance à DNV2 et aatrans3 pour détecter le gène de la sensibilité chez les races par PCR. Sur 72 races, 13 ne révèlent que la présence du gène de résistance à DNV (taille du produit PCR de 805bp) et 34 seulement la présence du gène de sensibilité à DNV (taille du produit PCR de 1106 bp). Cependant, 16 races révèlent la présence à la fois du gène de la résistance et de la sensibilité à DNV. De même, 7 races révèlent l'absence du gène de la résistance et de sensibilité à DNV (Figs. 1 et 2).

On teste le même lot d'amorces sur 32 germoplasmes de races bivoltines du ver à soie *B. mori*. Sur 32 races, 1 race, c'est-à-dire KA révèle seulement la présence du gène de la résistance à DNV et 19 seulement la présence du gène de la sensibilité à DNV. Les 11 races restantes révèlent la présence à la fois du gène de résistance et de sensibilité à DNV et une race, c'est-à-dire M-III révèle l'absence du gène de la résistance et de la sensibilité à DNV (Figs. 3 et 4). On a aussi réalisé une comparaison avec le ver à soie étroitement apparenté, *Theophila religiosa* avec le lot d'amorces mentionnées plus haut. Les résultats révèlent seulement la présence du gène de sensibilité à DNV.

On teste l'ADN isolé sur les vers à soie *B. mori* infestés par la flacherie avec les amorces conçues pour identifier la présence de DNV1 / DNV2 (Fig. 5). Tous les échantillons recueillis révèlent la présence de DNV2. Par ailleurs, on teste l'ARN total isolé sur les vers à soie *B. mori* infestés par la flacherie avec les amorces IFV et l'amorce β Actine. Cependant, seule l'amorce β Actine est amplifiée, ce qui indique l'absence d'IFV chez les vers à soie infestés par la flacherie.

Analyse des séquences du gène *nsd-2* :

Ito et coll., 2007 ont signalé les séquences des acides nucléiques de *nsd-2* et les ont déposées dans la base de données de l'ADN. On a analysé la base de données ADN avec le programme Spidey (un outil pour les alignements de l'ARNm et génomique) (Wheelan et coll., 2001). On détermine les séquences complètes de l'ADNc ainsi que les séquences de l'ADN génomique correspondantes chez le gène candidat trouvées dans l'analyse d'annotation pour les races de ver à soie sensibles et résistantes et on les compare entre elles. L'analyse révèle que, la structure du gène *nsd-2* chez la race sensible a 14 exons, tandis que chez la race résistante, il n'y en a que 5. Les résultats indiquent que la délétion chez la race résistante correspond à la région des exons 5 à 13 chez la race sensible, ils sont conformes avec la différence des produits PCR.

Alignement des séquences multiples et analyse phylogénétique :

La recherche NCBI-tBLASTx révèle une homologie élevée de la séquence de l'ADNc du gène *nsd-2* de la race de ver à soie sensible avec les gènes de transport des acides aminés de *Manduca sexta*. L'analyse de regroupement de voisinage révèle que les gènes de transport des acides aminés forment deux groupes principaux avec des valeurs *bootstrap* très significatives (Fig. 6). Le premier groupe comprend les Lépidoptères, c'est-à-dire *B. mori* et *Manduca sexta* ainsi que les Coléoptères, c'est-à-dire *Tribolium castaneum* qui forme un sous-groupe séparé. Le second groupe est constitué de deux ordres, c'est-à-dire les Phthiraptères (*Pediculus humanus corporis*) et les Hyménoptères (*Apis*

mellifera). Le troisième groupe comprend des Diptères, c'est-à-dire *Drosophila willistoni* et *Anopheles gambiae* et *Culex quinquefasciatus* formant un groupe externe. Dans le troisième groupe, *Drosophila willistoni* forme un sous-groupe séparé.

DISCUSSION

On a beaucoup étudié les réponses immunitaires des insectes aux bactéries ou aux champignons par comparaison aux infestations virales qui demeurent encore à être comprises. Les études liées à la résistance / à la sensibilité des insectes aux virus sont importantes puisque les agents viraux sont efficaces pour lutter de manière biologique contre les insectes nuisibles et pour sélectionner des souches résistantes d'insectes bénéfiques (Bao et coll., 2008). Le ver à soie *B. mori* présente une variabilité intraspécifique élevée par rapport à sa résistance aux maladies virales (Watanabe, 2002). Le *BmDENV* est un pathogène majeur provoquant la maladie de la flacherie, avec certaines souches de *Bombyx* qui sont très sensibles et d'autres qui présentent une résistance complète (Abe et coll., 1998).

Parmi les maladies du ver à soie qui provoquent des dégâts économiques, les maladies virales sont les plus importantes. En Inde, on estime les pertes annuelles de cocons entre 30 et 40 %, avec la maladie de la flacherie qui y contribue pour une grande partie (Awasthi et coll., 2008). Dans cette étude, on a réalisé une évaluation à Kolar (Karnataka) et à Madakasira (Andhra Pradesh) en recueillant des vers à soie atteints par la flacherie. L'analyse de l'ADN génomique et de l'ARN total avec les amorces DNV2 et IFV révèle que, sur 100 échantillons, 80 enregistrent la présence de DNV2. Par ailleurs, l'étude révèle aussi la sensibilité des lignées productives telles que CSR2, CSR4, etc... Ces résultats mettent donc en lumière la prédominance et la sévérité de l'infestation par DNV2, ce qui nous a aussi poussé à entreprendre l'évaluation des germoplasmes de races de ver à soie.

Ito et coll., 2007 ont signalé que la résistance à DNV2 est causée par une délétion d'~6 kb dans l'ORF d'un gène codant une protéine transmembranaire 12 pass, un membre d'une famille transportant les acides aminés et qui ne s'exprime que dans l'intestin moyen. On a aussi signalé que la transformation d'une lignée germinale avec un transgène de type sauvage qui s'exprime dans l'intestin moyen restaure la sensibilité, ce qui montre que la protéine membranaire défectueuse est responsable de la résistance. L'analyse génétique révèle qu'un gène récessif, c'est-à-dire *nsd-2* est responsable de la résistance des souches *Bombyx* à *BmDENV2* (Seki, 1984).

La présence du gène de la sensibilité à DNV2 chez 34 races et des gènes à la fois de résistance et de sensibilité à DNV2 chez 16 races sur les 70 germoplasmes de races polyvoltines du ver à soie évaluées indiquant une condition de sensibilité hétérozygote révèle que 71 % des races sont sensibles à *BmDENV2*. De même, la présence du gène de résistance à DNV2 chez 13 races et l'absence à la fois des gènes de résistance et de sensibilité à DNV2 chez 7 races, indiquant une condition résistante homozygote, montre que seulement 29 % des germoplasmes de races polyvoltines de ver à soie évalués sont résistants à *BmDENV2*. A ce titre, le gène de la sensibilité DNV2 est présent chez 19 des 32 germoplasmes de races bivoltines du ver à soie évaluées, tandis que, 11 races ont à la fois les gènes de résistance et de sensibilité à DNV2, ce qui indique la condition hétérozygote de la sensibilité. Les résultats révèlent donc que 94 % des races sont sensibles à *BmDENV2*. Les races évaluées incluent les races de vers à soie les plus largement élevées par les sériciculteurs, comme CSR2, CSR4, etc, ce qui explique la prédominance et la sévérité de l'infestation par DNV2 sur le terrain. Seule, une race, KA révèle la présence du gène de résistance à DNV2, tandis qu'une autre, c'est-à-dire M-III enregistre l'absence à la fois des gènes de la résistance et de la sensibilité à DNV-2, ce qui indique une condition résistante homozygote. Les résultats de cette étude sont très importants lors de la réalisation d'études de sélection du ver à soie, destinées à mettre au point des lignées résistantes à *BmDENV2*.

Ito et coll., 2007 ont testé *B. mandarina*, qui est considérée avoir un ancêtre commun avec *B. mori* et constaté qu'elle est sensible à *BmDENV2*. Ils ont donc suggéré que, cette forme de résistance à DNV2

pourrait être une mutation acquise par l'amélioration de la sélection du ver à soie. A l'inverse, en considérant que la sensibilité à DNV1 est inversée en étant présente chez les souches améliorées génétiquement, il est probable que DNV2 soit une maladie originelle de *Bombyx*, tandis qu'il est probable que l'origine de DNV1 vienne de pathogènes d'autres insectes. Cependant, en Inde, les races agricoles comme Nistari et Tamil Nadu White qui révèlent une présence de gène de résistance à *BmDNV2* montrent que, la résistance est inhérente à la lignée et n'est pas acquise par l'amélioration de la sélection du ver à soie.

Les analyses phylogénétiques montrent que le gène transportant les acides aminés chez les espèces étudiées a évolué à partir d'un ancêtre commun et révèle une relation étroite entre *B. mori* et d'autres Lépidoptères, c'est-à-dire *Manduca sexta*. Ainsi, le gène en question est conservé chez différents insectes. Cette étude apporte aussi des informations préliminaires sur l'histoire de l'évolution du gène transportant les acides aminés chez différentes espèces d'insectes, ce qui indique que le gène est bien conservé chez les taxons des insectes.

Les stocks génétiques du ver à soie *B. mori* sont des ressources biologiques inestimables pour les sciences de base et appliquées avec certaines races sensibles et d'autres résistantes à la maladie. Cet aspect a été pris en compte dans cette étude et a conduit à l'observation des ressources de germoplasmes du ver à soie résistantes à *BmDNV2*. Cette étude apporte donc la preuve que des ressources de germoplasmes du ver à soie sensibles ainsi que résistantes à *BmDNV2* existent. Il est bien connu que, le mécanisme de la non-sensibilité du ver à soie *B. mori* à *BmDNV2* est contrôlé par un gène récessif unique, c'est-à-dire *nsd-2* (Seki, 1984 ; Ito et coll., 2007). Les programmes futurs peuvent cibler l'introduction des gènes responsables de la non-sensibilité du ver à soie *B. mori* à *BmDNV2* dans les programmes de sélection du ver à soie, ou le transfert du gène à une variété supérieure existante par rétrocroisements. Les études sur la lutte contre les virus au cours des activités séricicoles ne seront donc plus essentielles. Par ailleurs, l'analyse génétique de la résistance à la maladie conduit aussi à des recherches plus vastes sur les interactions insecte-microbe.

ASSESSMENT OF CURRENT STATUS OF WOMEN FARMERS IN SERICULTURE USING EMPOWERMENT INDICATORS

G. S. GEETHA

Scientist 'C', Extension Division, Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Srirampura, Mysore-570006, Karnataka, India.

Sericulture activities provide a perfect choice for women because of the very nature of the activities that take place close to their place of habitation. Women play a major role in sericulture both in terms of operations performed and time invested. In India sericulture industry was co-opted for rural development in general and empowerment of rural women in particular. The study was conducted in Mandya District of Karnataka, India with the objective of finding the present socio economic status of women involved in sericulture and to assess the levels of social, economic and political empowerment. The findings of the study indicates that majority of the women involved in sericulture were married and living in nuclear families. The educational status of the women farmer indicates equal percentage of women is either literates or illiterates falling in the age group category of 25-40 years. Women had an exhaustive experience in sericulture (more than 20 years) and had taken up sericulture as their main occupation. Participation of women was seen more as a family unpaid labour than paid labour, which facilitated her for increased political awareness and positive attitude towards women's role as a better political activist and service provider compared to her male counterpart. Obviously increased economic participation brought her an ability to shoulder family's financial burden and to take more responsibility by taking decision on her own for self and other family members. In spite of her mammoth participation in sericulture women never realized full access to all three resources such as land, credit and market. It was restricted only to one resource-credit mainly through village based self help groups. Prevailing patriarchy, social norms, customs and traditions put a ceiling on her access to resources. However women encounter with domestic violence in the family reduced considerably due to her increased physical mobility. Though the conditions of life and work available to women in sericulture are better as compared to women in many other work groups, still they need more support from family, community, society and government to lead a complete empowered life and sustain in the industry.

Keywords: Empowerment, socio-economic status, political empowerment, economic empowerment, social empowerment, access to resources, decision making, physical mobility and domestic violence.

INTRODUCTION

Mere improvement of economic lot of women is not likely to bring them on par with men. The key factor therefore, is her say in the decision making process, her participation in the domestic as well as the community power structure. It is realisation of the criticality of women's feeble say in the decision making process which led to the rise of women's empowerment perspective. Longwe (1990) developed an analytical framework for 'gender awareness', which paved the way to women's empowerment perspective. The empowerment approach is in fact a set of methodologies or strategies, which has arisen from the writings and grassroots experiences of third world women (Sen and Grown, 1985; Batliwala, 1993; Agarwal, 1994; Kabeer, 1994).

The Empowerment approach aims at empowering women through greater self-reliance and internal strength. It seeks to meet strategic gender needs indirectly through bottom-up mobilisation around practical gender needs. It recognises the triple role of women and seeks through bottom-up women's organizations to raise women's consciousness to challenge their subordination.

Sericulture activities provide a perfect choice for women because of the very nature of the activities that take place close to their place of habitation. Women play a major role in sericulture both in terms of operations performed and time invested. Indirectly, they also contribute to management as well as decision-making. In India the state has co-opted sericulture industry for rural development in general and for empowerment of rural women in particular (Gregory, 1997).

The gender wise distribution of human labour employed in mulberry sericulture is 41.54 percent male and 58.46 percent female in mulberry cultivation, and 45.87 percent male and 54.13 percent female in silkworm rearing (Lakshmanan, 1998), participation upto 60 percent (Karanth, 1995) and employment potential upto 51 percent (Vasanthi, 1992) the industry made few attempts to address the issue of women's empowerment through sericulture by initiating women oriented projects such as exclusive training for women, development of women friendly technologies, providing subsidies and incentives etc. Beside this the Tenth Five Year Plan had earmarked 30 percent reservation for women beneficiaries under its development programmes such as Catalytic Development Programme and Cluster Promotion Programme.

Women's participation and their empowerment often run into barriers and they are hindered from participating effectively. The main barriers could be caste system, poverty, low educational status, limited work opportunities, low income, lack of assets and access to credit. It is very important to know women's position and status in the industry in today's socio, economic and cultural context. With this background the present study was undertaken with the specific objectives:

- To find out the socio-economic status of women involved in sericulture activities.
- To assess the levels of social, economic and political empowerment of women involved in sericulture activities.

MATERIALS AND METHODS

The study was undertaken in Mandya district in the state of Karnataka. Mandya District was purposively selected for the study because it is identified as the 'Traditional Sericulture District' in Karnataka and because of its contribution to total production of cocoon and raw silk.

Out of seven taluks in Mandya district, two taluks, Maddur and Srirangapatna were selected randomly for the purpose of eliciting data. Within these two taluks, four villages, two in each taluk were selected purposively for data generation. The selection of the sample villages was based on the criterion of concentration of more number of sericulture households in those villages. The villages selected for the study from Srirangapatna taluk were Tadagawadi and Garkalli and from Maddur taluk Mallayanadoddi and Haleboodanoor (**Taluk** is an administrative division of some countries of South Asia. Taluk consists of a city or town that serves as its headquarters. As an entity of local government, it exercises certain fiscal and administrative power over villages and municipalities within its jurisdiction. It is an executive agency for land records headed by chief official called Tahasildar).

A total of twenty-five sericulture women farmers from each village were selected randomly. The total number of women sericulture farmers thus amounted to 100. For collecting empirical data a semi structured interview schedule was developed. This tool consisted of questions relating to socio-economic profile, work life and other related issues. The data collected were tabulated, analyzed and interpreted by using statistical tools such as percentage, frequencies and correlation (Pearson).

Empowerment:

Empowerment is a multi-dimensional concept and practice that cannot be defined by any single parameter. It denotes a state in which a person has the freedom of choice to make decisions relating to her/his life. In the case of women 'empowerment' is now being used as the 'model framework' within which their status has to be assessed. The parameters that are used to evaluate the empowerment situations of sericulture women are namely three, these being political, economic and social.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Socio-Economic Status of Sericulture Women Farmers:

The socio-economic status of sericulture farmers was analysed by taking up such factors as age, marital status, type and size of family, caste, education level, main occupation, experience in sericulture, total land holding, proportion of mulberry lands, work life of sericulture farmers, membership in self help group, total income and income derived specifically from sericulture.

First on the profile of respondents was the age while minimum and maximum was 16 and 68 years respectively. Meanwhile majority of the respondents constitute from the age group of 25-40 years (44%) followed by 40-60 years age group (33%). Only 16% and 7% was in the age group of below 25 years and above 60 years of age respectively. Since sericulture is an occupation in which an entire family can participate age is not really a serious factor in deciding who takes to sericulture and at what age. Marital status suggests that 86 % were married and living with their spouses. A percentage of separated and deserted was low (3%). Widows and single women accounted 7% and 4% respectively. Since sericulture is an activity that can be carried out by women at any stage of their life and at home, marital status does not really impact a women's access to sericulture. Women farmers household members ranged from 1-8 with 58% of 3-4 household members and of 5-6 (18%) and 6 and above members (17%). Only 7% constituted below-2 household members' category. The data on family size indicate that majority of the respondents are drawn from families that have less than 6 members. Large number of households (81%) was leaving in nuclear families. This argument is against the generally accepted norm that sericulture is a labour intensive enterprise and taken up by rural families to provide work load to unemployed youth, school dropouts, aged male and female members of rural families. This is against the general perception that the stereotype of a village family is 'joint'. Though sericulture is a labour intensive venture and it is generally believed that joint or extended families are ideally suited for this work, in case of our respondents sericulture activity continued in spite of families being nuclear. Majority of the respondents belonged to Vokkaliga caste (93%), which is the dominant caste in the district as well as in selected villages. Madivala and Scheduled Caste women constitute a miniscule minority (7%). Vokkaligas are the dominant land holding caste and also have achieved significant social and economic mobility. This study proves that women from economically well placed groups have a better chance of being economically active.

The educational status of the women farmers indicates equal percentages of women are either literates or illiterates (50%). Meanwhile equal percentage of women (23%) completed either primary or high school. Only 4 % completed Pre University College (PUC- is Pre University College, is also called intermediate is of two years duration, normally studied before joining any three years degree course). It upholds the general argument that sericulture is an agro based rural cottage industry, which does not need any machines/power/ technical knowledge. Sericulture actually seems to be ideally suited for women who may not have much education.

Majority of women have more than 20 years of sericulture experience (46%). Since sericulture is primarily a family occupation, women start participating in this activity from a young age. Silkworm rearing practices are being transmitted from generation to generation through informal guidance. However, 34% had less than five year experience, 11% between 5- 10 years and 9% between 10 - 20 years of sericulture experience. This indicates another dimension of the growing silk industry, i.e.,

migration from other crops, particularly sugarcane, mainly to overcome the constraints involved in it. This clearly confirms that sericulture is a highly remunerative occupation particularly in rural areas compared to other contemporary crops such as sugarcane, paddy and cereals. In the case of our sample farmers both low and highly experienced women have taken to sericulture as their livelihood. Experience really does not seem to impact on women's participation in sericulture activities.

Larger numbers of the respondents have taken up sericulture as their main occupation (83%). However, 17 % of them have combined sericulture with other economic activities. This is favoring the general argument that sericulture is one of the highly remunerative rural industries in Karnataka, particularly in rural areas. Because of its employment and income generating nature, as compared to other commercial crops majority have taken up sericulture as their livelihood.

The results of the study reveals more involvement of women (48%) in various sericulture activities as a family worker (unpaid worker) than as a paid labour (11%). Meanwhile more or less same percentage of women (41 %) practice sericulture both as paid labour and family labour. However, since sericulture is an activity that can be carried out by women at home and combined with other domestic responsibilities most women chose to take to sericulture as family worker. Sericulture is an activity in which farmers do not need to possess their own resources such as land, rearing space, rearing equipment etc. to carry out the production of cocoons. Instead they can procure all the necessary tools from land to rearing equipment on hire and take up sericulture. Good working ambience, flexi hours of work and working with a familiar social group are the factors mainly responsible for women accepting paid work in farms/lands and taking up sericulture labour work as compared to growing other variety of crops.

The result shows that women farmers were small scale farmers with about 56% of women cultivating mulberry in less than 0.40 hectare of land and followed by 0.40 - 0.80 hectares of land (24%). Only 9% of the women found cultivating mulberry in more than 0.80 hectares of land. In addition, women without land for any enterprise constitute 11% and they worked as sericulture labour for livelihood. Meanwhile, findings from comparison of mulberry cultivation revealed that 50% of women farmers were involved in sericulture in their own land, 20% in rented land and 19% in both own and rented land. This is in line with the general argument that sericulture as an agro based activity, suits rural families, particularly small and marginal farming families, which are in the largest number in the rural population dependent on agriculture. It is evident from the field data that families without land holding are also venturing into sericulture business. Mulberry land holding is not a serious factor to be considered for venturing into sericulture in general, and more particularly in Mandya district, where sericulture has been flourishing on rented or leased garden. The single largest number of families fall in the less than 0.015 million categories (40%) followed by 24% in the 0.015-0.025 million bracket, 9% in the income brackets of 0.025-0.50 million 12% from 0.050 to 0.100 million and only 15% in the 0.100 million and above bracket.

It is however, seen that sericulture is an activity that generates some income for the farmers as compared to other crops. Women from Garkalli and Tadagawadi villages accrued additional income by taking up activities such as agarbatti making (Agarbattii is Incense Stick is an item manufactured from aromatic biotic materials consisting of powdered wood, charcoal, barks, seeds, leaves, roots, rhizomes, flowers etc. with some essential oil, mineral oil, resins, gums and aromatic chemicals, the paste of which applied on to a bamboo core stick or dipping an unscented "blank" (non-perfume stick) into a mixture of perfumes and/or essential oils. Normally used in all religious worshiping place, sheep rearing, growing vegetables and dairy. Women of Mallyanadoddi and Haleboodanoor took to cattle breeding, rearing of sheep and poultry for earning additional income. This additional income helped women to raise the total family resource steadily. However, the income that a family in sericulture business earned depended upon the extent of land holding, ownership of land and carrying out sericulture in rented/leased land.

Majority of the respondents were found to be the members of Self Help Groups (93%). Cutting across their socio-economic status, women joined SHGs because they had seen the empowering experience that membership in a Self Help Group bestowed. In rural India today, SHGs have created a silent revolution by building in women not only the capacity to 'save' for a stable future, but also giving them the courage to counter violence both at home and in the community. The fact that as many as 93 percent of respondents had joined an SHGs shows that this institution has made its mark in village India.

Political Empowerment:

Political empowerment is about acquiring powers that can influence decisions and direct the course of events, which can change life situations. The political empowerment level of our respondents has been analysed with reference to such factors as political awareness, perception on women's role in political activity and voting preference.

Political awareness:

Political awareness was analysed by taking five indicators into consideration such as, the extent of respondent's awareness about election schedule (local, state and national), level of consciousness about the right to vote, degree of freedom enjoyed in the choice of candidates, extent of respondent's exposure to Self Help Group and extent of respondent's involvement in Self Help Group

It was found that irrespective of caste, age, education and sericulture experience, majority of the respondents were fully aware of the election schedule and consequently, used their right to vote in all the local, state and national elections held (96%) in last fifteen years. Most of them are aware of the existence and operation of the Self Help Group or mahila mandals, a village level civil society group. Almost all women engaged in sericulture activities are members of one or the other Self Help Group. Of the 4 percent of the partially aware subjects, one was a college going teenager, two were landless women and the other an elderly woman. These women were not members of SHGs. Women who were members of micro-credit institutions or other village level institutions developed a greater sense of political awareness because they had the opportunity to exchange information, views and also felt more confident to cope with life outside the home.

Perceptions on women's role in political activities:

In order to find out the perceptions of respondents on women's role in politics two points were raised: Women's attitude towards the role of women in politics and as service providers.

It emerges from the data in Table I that a majority, i.e., 66 percent of the respondents feel that women play a fair role, both as leaders and service providers. This is by and large in keeping with the reputation that women enjoy both as leaders and community care givers.

Further, women of all groups in our sample support women participation in mainstream politics. However, more Vokkaliga than Scheduled Caste women and all except one Madivala women have a positive approach to women's role in politics. Also, more women who own mulberry land and more SHG women feel that women can be proactive leaders. Women from low-income families are more favourably disposed to women playing an active role in politics than their counterparts in higher income families.

As for the correlation between educational level and positive perception of women in politics, it is seen that more educated women have a feeling that women can do a fair job in politics and also can deliver. They felt that women as people's representative could perform better than male counterparts (Table II).

Table I. Perception about the role of women in politics and as service providers.*Tableau I. Perception sur le rôle des femmes en politique et comme pourvoyeuses de services.*

| Perception | Frequency | Percentage |
|---|------------------|--------------------|
| | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Women play a fair role / <i>Rôle légitime des femmes</i> | 66 | 66 |
| Women do not play a fair role / <i>Rôle illégitime des femmes</i> | 20 | 20 |
| No Response / <i>Sans réponse</i> | 14 | 14 |
| Total | 100 | 100 |

Table II. Education and perception on women in politics.*Tableau II. Instruction et perception des femmes dans la politique.*

| Education | Fair | Not fair | Would rather not say |
|---------------------------------|-----------------|-------------------|----------------------|
| <i>Niveau d'instruction</i> | <i>Légitime</i> | <i>Illégitime</i> | <i>Sans opinion</i> |
| Illiterate / <i>Analphabète</i> | 24 | 15 | 11 |
| Primary / <i>Primaire</i> | 19 | 1 | 3 |
| High school / <i>Secondaire</i> | 19 | 4 | 0 |
| PUC | 4 | 0 | 0 |
| Total | 66 | 20 | 14 |

R = .000

Economic Empowerment:

In this paper economic empowerment has been studied with reference to three primary factors, i. e., work participation, access to land, credit and market and freedom in decision making relating to use of familial resources.

Work participation:

According to the data in Table III unpaid participants are more in number when compared to other categories of workers. The unpaid workers are mostly in the 25-40 years age group. Data also showed that paid work is generally taken up by women from landless families.

Certain conclusions can be drawn about the work profile of respondents. First, women with lower incomes participate both as a family workers and as paid labour. This is mainly because they possess only small pieces of land or are carrying on sericulture activities on leased land. This naturally calls for higher investment. Women with limited land holdings tend to work both on their family land and as paid labour. Since there is a gender stereotype in sericulture activities performed by women, they have little choice but to work either at home or outside.

The above findings lead us to the conclusion that a majority of women in sericulture work both as family and paid labour to overcome family burdens, and also to manage family responsibilities either as single or primary breadwinner or care taker.

Table III. Work participation of sericulture women.

Tableau III. Participation à l'emploi des femmes impliquées dans la sériciculture.

| Economic participation | Frequency | Percentage |
|--|------------------|--------------------|
| <i>Participation économique</i> | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Paid workers only / <i>Emploi salarié seulement</i> | 11 | 11 |
| Unpaid workers only / <i>Emploi non salarié seulement</i> | 48 | 48 |
| Both paid and unpaid workers / <i>A la fois travail salarié et non salarié</i> | 41 | 41 |
| Total | 100 | 100 |

Access to Resources:

In this study, an attempt was made to examine the extent of women's access to land ownership, credit facilities, and frequency of visit to cocoon market

It was found that majority of the respondents (96%) do not have land registered in their name. Even among the remaining four who had land registered in their names, two were from families without male children, one a widow and in the case of the fourth woman her brother had sold the land to her because of its proximity to his own land. All the women who had land registered in their names were from the dominant Vokkaliga community. Two each of the land owning women belonged to the 25-40 years and 60 and above years age groups respectively.

A majority of women in study sample were members of SHGs. Most sericulture women were not familiar with the working of commercial banks. Even the market was not a comfortable setting for women. Those who went to the market were women from families in which male members were inactive or immobile/less mobile. In fact, respondents were unanimous in their opinion that women are as capable as men in managing the market. However, they choose to stay away because they wanted to protect their husbands from being ridiculed by peers and relatives about being incompetent. According to Table IV majority of the respondents have low access to the three resources, i. e., land, credit and market. Women who go to the market to sell their cocoons (14%) and women who have access to land (4%) fall in the category of 'Medium Access'. Only one woman was found to have a high access. Most respondents had access to only one resource, i.e., credit and that too from Self Help Groups.

As shown in the Table V respondents with no education have least access to resources. There is a clear inclination that lowers levels of education being the reason to lower access to resources. Here we can conclude that a lower level of education is positively correlated with less access to resources.

Table IV. Access to resources.**Tableau IV. Accès aux ressources.**

| Access to resources | Number | Percentage |
|------------------------------------|---------------|--------------------|
| <i>Accès aux ressources</i> | <i>Nombre</i> | <i>Pourcentage</i> |
| High Access / <i>Accès élevé</i> | 1 | 1 |
| Medium Access / <i>Accès moyen</i> | 18 | 18 |
| Low Access / <i>Accès faible</i> | 88 | 88 |

Table V. Education and access to resources.**Tableau V. Instruction et accès aux ressources.**

| Education level | Access to resources | | |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|
| | High | Medium | Low |
| <i>Niveau d'instruction</i> | <i>Accès aux ressources</i> | | |
| | <i>Elevé</i> | <i>Moyen</i> | <i>Faible</i> |
| Illiterate / <i>Analphabète</i> | - | 11 | 39 |
| Primary / <i>Primaire</i> | 1 | 3 | 19 |
| High School / <i>Secondaire</i> | - | 4 | 19 |
| PUC | - | - | 4 |
| Total | 1 | 18 | 81 |

R= 0.002

Decision making:

The pattern of decision making among sericulture women was measured by classifying them into three categories, such as: those who make decisions on their own, those who depend on other family members to take decisions on savings and other household based matters and those who never took decisions on their own and always depend on others

The data in Table VI gives an indication that those who took decisions on their own out number the other two categories of decision makers. More middle aged women take decisions on their own as compared to the elderly and the young. Widows, single and separated women tend to take decisions on their own. More women from nuclear than joint families and more Vokkaliga than Scheduled Caste and Madivala women took independent decisions. Membership in SHG had helped many women take decisions on their own.

Table VI. Pattern of decision making.**Tableau VI. Structure de la prise de décision.**

| Decision | Frequency | Percentage |
|---|------------------|--------------------|
| <i>Décision</i> | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Makes decision on her own / <i>Prise de décision par la femme</i> | 60 | 60 |
| Takes decisions with the help of others <i>Prise de décision par la femme avec l'aide d'autres personnes</i> | 29 | 29 |
| Makes no decisions / <i>Pas de prise de décision</i> | 11 | 11 |
| Total | 100 | 100 |

Table VII. Primary decision maker in the family.**Tableau VII. Décideur principal dans la famille.**

| Decision maker of the family | Frequency | Percentage |
|--|------------------|--------------------|
| <i>Décideur de la famille</i> | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Male / <i>Homme</i> | 8 | 8 |
| Female / <i>Femme</i> | 63 | 63 |
| Both male and female / <i>A la fois homme et femme</i> | 29 | 29 |
| Total | 100 | 100 |

Social empowerment:

Social empowerment was analysed by examining the situations prevalent in the lives of respondents with reference to the parameters such as, primary decision maker of the family, experience of domestic violence and physical mobility.

Primary decision maker in the family:

To understand the pattern of decision making, respondent's families were asked about the key decision maker in their families on issues such as children schooling, daughter's marriage etc.

It is clear from the data in Table VII that majority of the sample families women were the primary decision makers. When the data on decision making were analysed in the context of age, marital status and family type it was seen that a majority of the female decision makers were in the age group of 25-40 years, single or widowed and from nuclear families. A caste wise count showed that more Madivala women took independent decisions as compared to Scheduled Caste women and so was the case with Vokkaliga women. Women who were SHG members had little education and small landholdings but were more independent than others when it came to exercising their decision making power.

Table VIII. Experience of domestic violence.**Tableau VIII. Expérience de la violence domestique.**

| Domestic violence | Frequency | Percentage |
|--|------------------|--------------------|
| <i>Violence domestique</i> | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Experienced violence / <i>Expérience de la violence</i> | 35 | 35 |
| Did not experience violence / <i>Pas d'expérience de la violence</i> | 65 | 65 |
| Total | 100 | 100 |

Table IX. Extent of physical mobility of sericulture women.**Tableau IX. Degré de mobilité physique des femmes impliquées dans la sériciculture.**

| Physical Mobility | Frequency | Percentage |
|--|------------------|--------------------|
| <i>Mobilité physique</i> | <i>Fréquence</i> | <i>Pourcentage</i> |
| Less mobile / <i>Moins mobile</i> | 40 | 40 |
| Moderately mobile / <i>Modérément mobile</i> | 19 | 19 |
| Highly mobile / <i>Très mobile</i> | 41 | 41 |
| Total | 100 | 100 |

Physical mobility:

For the empirical analysis of data on the extent of physical mobility of sericulture women from the field data, they were categorised as 'less mobile' (faced restrictions on their mobility), 'moderately mobile' (visit most places, but not all) and 'high mobile' (freedom to visit any place of their choice).

Experience of domestic violence:

In order to assess the extent of family violence they may have encountered, sample farmers were asked to state if they had experienced physical or other forms of abuse in the family.

It could be seen from the Table VIII that 35 percent of the subjects admitted to having suffered domestic violence. Though domestic violence cuts across the barriers of caste and class, it is observed that woman who is economically vulnerable suffered more violence than those who had means of economic subsistence.

Table X. Physical mobility and domestic violence.**Tableau X. Mobilité physique et violence domestique.**

| Physical Mobility | Domestic violence | |
|--|----------------------------|-------------------------|
| | Experienced | Not Experienced |
| <i>Mobilité physique</i> | <i>Violence domestique</i> | |
| | <i>Expérience</i> | <i>Pas d'expérience</i> |
| Some places she wants to / <i>Certains endroits où la femme souhaite</i> | 3 | 37 |
| Most places she wants to / <i>La plupart des endroits où la femme souhaite</i> | 12 | 07 |
| Every where she wants to / <i>N'importe où la femme souhaite</i> | 20 | 21 |
| Total | 35 | 65 |

R = .000

It is seen from the Table IX that 41 percent of our subjects consider themselves highly mobile and nearly 19 percent moderately mobile. Together, those who are mobile account for 60 percent. As for mobility being influenced by other factors it is seen that younger women, women who are without male support, members of nuclear families and members in SHGs were found to be more mobile than others. However, it is quite surprising that more illiterate women are mobile than literate and educated women. This gives an indication that schooling or literacy do not as such empower women.

Data in Table X reveal respondents with more physical mobility experience less violence than those who are less mobile. When women are mobile they develop contact networks that give them not only emotional support but also provide information about how violence could be countered.

CONCLUSION

Participation in sericulture bestowed women with a political awareness on election schedule, conscious to vote and to perceive women as a positive political partner and service provider. Perhaps due to its working atmosphere in group, opportunity to exchange information and views might have added up.

The Industry had facilitated women to participate economically as a paid worker (sericulture labour) and unpaid worker (family worker). Women worked both as a family worker as well as a paid labour mainly to overcome the family burden. However access to resources was restricted only to credit that too only through local women self help group. Visit to market was dependent on the availability and health status of the male adult member of the household. Existing patriarchy tradition barred women from access to ownership of land. Decisions on children schooling, daughter's marriage and other related house hold decisions were mainly decided by female member of the household.

Even though sericulture practice had given women an opportunity to empower politically, economically and socially, but in reality they could not realize it fully because of many reasons. For absolute experiencing of empowerment they need some more support from social institutions such as family, society, community and governments

REFERENCES

- AGARWAL B. (1994) *A Field of One's Own: Gender and Land Rights in South Asia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- BATLIWALA S. (1993) *Empowerment of Women in South Asia: Concepts and Practices*. FAO: New Delhi.
- GREGORY S. (1997) *Sericulture and the Process of Change* Unpublished Doctoral Thesis, Bangalore: Institute for Social and Economic Change.
- KABEER NAILA. (1994) *Reversed Realities*. New Delhi: Kali for Women.
- KARANTH G.K. (1995) *Change and Productivity in Agrarian Relations*. New Delhi: Concept.
- LAKSHMANAN S. & H. JAYRAM. (1998) "Manpower Utilization in Mulberry Sericulture: An Empirical Analysis". *Manpower Journal*. 33, 4(Jan-March): 49-63.
- LONGWE SARA. (1990) *From Welfare to Empowerment: The Situation of women in Development in Africa, a Post UN Women's Decade's Update and Future Directions*. Michigan State University: Working paper 204.
- SEN GITA & CAREN GROWN. (1985) "Development Crisis and Alternative Visions- Third World Women's perspective". Dawn Secretariat. Bangalore: Monthly Review press.
- VASANTHI K. (1992) "Women in Sericulture: A Case Study". *Yojana*, October 31.

EVALUATION DE LA SITUATION ACTUELLE DES SERICICULTRICES EN UTILISANT DES INDICATEURS D'AUTONOMISATION

G. S. GEETHA

Scientist 'C', Extension Division, Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Srirampura, Mysore – 570 006, Karnataka, Inde.

Les activités séricicoles représentent un choix parfait pour les femmes en raison de la nature même des activités qui ont lieu près de leur lieu d'habitation. Les femmes jouent un rôle majeur dans la sériciculture à la fois concernant les opérations réalisées et en termes d'investissement de temps. En Inde, on a choisi la sériciculture pour le développement rural en général et pour l'autonomisation des femmes rurales en particulier. L'étude a été réalisée dans la zone de Mandya dans le Karnataka, en Inde dans le but d'évaluer la situation socio-économique actuelle des femmes impliquées dans la sériciculture et leurs niveaux d'autonomisation sociale, économique et politique. Les résultats de cette étude montrent que la majorité des femmes impliquées dans la sériciculture sont mariées et vivent dans des familles nucléaires. Le niveau d'instruction des agricultrices montre qu'il existe un pourcentage égal de femmes lettrées ou illettrées, appartenant au groupe d'âge des 25 - 40 ans. Les femmes ont une longue expérience (plus de 20 ans) de la sériciculture et pratiquent la sériciculture comme leur occupation principale. On considère plus la participation des femmes comme un travail familial non payé que comme un travail payé, qui leur facilite la prise de conscience politique et leur permet d'avoir une attitude positive envers le rôle des femmes comme militant politique et pourvoyeur de services meilleurs que son homologue mâle. Évidemment, l'augmentation de la participation économique leur permet de soulager le fardeau financier de la famille et de prendre plus de responsabilités en prenant des décisions pour elles-mêmes et d'autres membres de la famille. Malgré leur participation massive dans la sériciculture, les femmes n'accèdent jamais complètement aux trois ressources que sont le terrain, le crédit et le marché. Leur accès est limité à une seule ressource, le crédit, principalement par le biais des groupes d'entraide villageois. La patriarchie dominante, les normes sociales, les usages et les traditions restreignent leur accès aux ressources. Cependant, la rencontre des femmes avec la violence domestique dans la famille a considérablement diminué grâce à l'augmentation de leur mobilité physique. Bien que les conditions de vie et de travail des femmes impliquées dans la sériciculture soient meilleures que celles des femmes dans d'autres groupes professionnels, elles ont pourtant besoin de plus de soutien de la famille, de la communauté, de la société et du gouvernement pour mener une vie autonome complète et assurer leur permanence dans l'industrie.

INTRODUCTION

La simple amélioration du sort économique des femmes n'est pas susceptible de les conduire à l'égalité avec les hommes. Le facteur clé est donc l'implication dans le processus de décision, la participation dans la structure du pouvoir domestique et de la communauté. C'est la prise de conscience de la faible implication critique des femmes dans le processus de prise de décision qui a donné lieu à la naissance de la perspective d'autonomisation des femmes. Longwe (1990) a mis au point un cadre analytique pour « la prise de conscience du sexe », qui a ouvert la voie à une perspective d'autonomisation pour les femmes. L'approche de l'autonomisation est en fait un ensemble de

méthodologies ou de stratégies qui sont nées des écrits et des expériences populaires des femmes du tiers monde (Sen et Grown, 1985 ; Batliwal, 1993 ; Agarwal, 1994 ; Kabeer, 1994).

L'approche de l'autonomisation vise à donner le pouvoir aux femmes par une indépendance et une force interne plus importantes. Elle cherche à répondre indirectement aux besoins stratégiques des femmes par une mobilisation ascendante autour des besoins pratiques des femmes. Elle reconnaît le triple rôle des femmes et cherche par des organisations ascendantes de femmes à augmenter la prise de conscience des femmes pour lutter contre leur subordination.

Les activités séricicoles représentent un choix parfait pour les femmes en raison de la nature même des activités, qui ont lieu près de leur lieu d'habitation. Les femmes jouent un rôle majeur dans les activités séricicoles à la fois concernant les opérations qu'elles réalisent et en termes de temps investi. Indirectement, elles contribuent aussi à la gestion ainsi qu'à la prise de décision. En Inde, l'Etat a choisi l'industrie séricicole pour le développement rural en général et pour l'autonomisation des femmes rurales en particulier (Gregory, 1997).

La distribution en fonction du sexe de la main d'œuvre employée dans la sériciculture est de 41,54 % d'hommes et de 58,46 % de femmes dans la culture du mûrier et de 45,87 % d'hommes et de 54,13 % de femmes dans l'élevage du ver à soie (Lakshmanan, 1998), avec une participation allant jusqu'à 60 % (Karanth, 1995) et un potentiel d'emploi allant jusqu'à 51 % (Vasanthi, 1992), l'industrie a peu essayé de s'occuper de la question de l'autonomisation des femmes par la sériciculture en démarrant des projets orientés sur les femmes, tels que des formations exclusivement pour les femmes, la mise au point de technologies respectueuses pour les femmes, l'octroi de subventions, d'incitations, etc. Malgré cela, le dixième plan quinquennal a souhaité que 30 % des bénéficiaires de ses programmes de développement, tels que le Programme de Développement Catalytique et le Programme de Promotion des Groupes soient des femmes.

La participation des femmes et leur autonomisation rencontrent souvent des barrières et elles sont gênées pour participer efficacement. Les principales barrières pourraient être le système de castes, le faible niveau d'instruction, les débouchés de travail limités, les faibles revenus, le manque de capital et l'accès au crédit. Il est très important de connaître la place et la situation des femmes dans l'industrie dans le contexte socio-économique et culturel actuel. Cette étude a été entreprise dans ce contexte avec les objectifs spécifiques suivants :

- Evaluer la situation socio-économique des femmes impliquées dans les activités séricicoles.
- Evaluer les niveaux d'autonomisation sociale, économique et politique des femmes impliquées dans les activités séricicoles.

MATERIELS ET METHODES

On entreprend l'étude dans la zone de Mandya dans l'Etat du Karnataka. On sélectionne la zone de Mandya à dessein pour l'étude parce qu'elle est identifiée comme une zone de sériciculture traditionnelle dans le Karnataka et en raison de sa production totale de cocons et de soie grège.

Sur sept taluks dans la zone de Mandya, on sélectionne deux taluks Maddur et Srirangapatna de manière aléatoire dans le but d'obtenir les données. Dans ces deux taluks, on sélectionne quatre villages, deux dans chaque taluk délibérément pour obtenir les données. On sélectionne les villages échantillons sur la base d'une concentration plus importante de foyers séricicoles dans ces villages. Les villages sélectionnés pour l'étude dans le taluk de Srirangapatna sont Tadagawadi et Garkalli et dans le taluk de Maddur : Mallayanadoddi et d'Haleboodanoor (le taluk est une division administrative de certains pays du sud de l'Asie). Le taluk est constitué d'une ville ou d'une bourgade qui sert de siège. En tant qu'entité du gouvernement local, elle exerce un certain pouvoir fiscal et administratif sur les villages et les municipalités dans sa juridiction. C'est un organisme de direction pour le cadastre dirigé par un fonctionnaire responsable appelé le Tahasildar.

On sélectionne de manière aléatoire un ensemble de vingt cinq séricicultrices dans chaque village. Le nombre total de séricicultrices s'élève donc à 100. Pour recueillir les données empiriques, on met au point un modèle d'entretiens semi-structuré. Cet outil est constitué de questions ayant trait au profil socio-économique, à la vie professionnelle et à d'autres sujets liés. Les données recueillies sont classifiées, analysées et interprétées en utilisant des outils statistiques tels que les pourcentages, les fréquences et les corrélations (Pearson).

Autonomisation :

L'autonomisation est un concept et une pratique à plusieurs dimensions que l'on ne peut pas définir par un paramètre unique. Elle dénote un état par lequel une personne a la liberté de choix par rapport aux décisions de sa vie. Dans le cas des femmes, on utilise maintenant l'autonomisation comme « un cadre modèle » au sein duquel on évalue leur situation. On utilise des paramètres politiques, économiques et sociaux, pour évaluer l'autonomisation des séricicultrices.

RESULTATS ET DISCUSSION

Condition socio-économique des séricicultrices :

On analyse la condition socio-économique des séricicultrices en prenant des facteurs tels que l'âge, la situation maritale, le type et la taille de la famille, la caste, le niveau d'éducation, l'emploi principal, l'expérience séricicole, l'ensemble des terres possédées, la part de terrains de mûriers, la vie professionnelle des séricicultrices, l'appartenance à un groupe d'entraide, l'ensemble des revenus et les revenus tirés spécifiquement de la sériciculture.

Ce qui apparaît d'abord sur le profil des personnes interrogées est l'âge, qui est compris entre 16 et 68 ans. La majorité des personnes interrogées appartient au groupe d'âge 25 à 40 ans (44 %), suivi par le groupe d'âge 40-60 ans (33 %). Seulement 16 et 7 % appartiennent respectivement aux groupes d'âges en dessous de 25 ans et au dessus de 60 ans. Puisque la sériciculture est une occupation à laquelle toute la famille peut participer, l'âge n'est pas un facteur décisif réellement important concernant qui est impliqué en sériciculture et à quel âge. Concernant la situation maritale, 86 % sont mariées et vivent avec leurs époux. Le pourcentage de femmes séparées et abandonnées est faible (3 %). Les veuves et les célibataires représentent respectivement 7 et 4 %. Puisque la sériciculture est une activité qui peut être entreprise par les femmes à n'importe quel stade de leur vie et chez elles, la situation maritale n'a pas vraiment d'impact sur l'accès des femmes à la sériciculture. Les foyers des séricicultrices comprennent entre 1 et 8 membres, avec 58 % dans des foyers de 3 à 4 membres et entre 5 et 6 membres (18 %) et plus de 6 membres (17 %). Seuls 7 % appartiennent à la catégorie des foyers de moins de 2 personnes. Les données sur la taille de la famille indiquent que la majorité des personnes interrogées proviennent de familles qui ont moins de 6 membres. Un grand nombre de foyers (81 %) vit dans des familles nucléaires. Cet exemple va à l'encontre du fait généralement accepté que la sériciculture est une entreprise qui emploie beaucoup de main d'œuvre et est pratiquée par les familles rurales pour fournir du travail aux jeunes au chômage, à ceux qui ont abandonné l'école, aux hommes et aux femmes âgés des familles rurales. Cela va à l'encontre de la perception générale selon laquelle le stéréotype d'une famille villageoise est regroupée. Bien que la sériciculture soit une entreprise qui emploie beaucoup de main d'œuvre et qu'on pense en général que les familles regroupées ou étendus sont idéalement adaptées pour ce travail, dans le cas des personnes que nous avons interrogées, l'activité séricicole continue bien que les familles soient nucléaires. La majorité des personnes interrogées appartient à la caste des Vokkaliga (93 %), qui est la classe dominante dans la zone ainsi que dans les villages sélectionnés. Les femmes de la caste Madivala et des intouchables constituent une minorité minuscule (7 %). Les Vokkaligas sont la caste dominante possédant des terres et ont aussi atteint une mobilité sociale et économique importante. Cette étude prouve que les

femmes de groupes bien placés économiquement ont une meilleure chance d'être actives sur le plan économique.

Le niveau d'instruction des séricicultrices indique que des pourcentages égaux de femmes savent lire et écrire ou sont analphabètes (50 %). Parallèlement, un pourcentage égal de femmes (23 %) a terminé l'école primaire ou secondaire. Seules 4 % ont terminé le Collège pré-universitaire (PUC est un collège pré-universitaire, qui est aussi appelé intermédiaire et dure deux ans, normalement avant d'entreprendre n'importe quel diplôme de trois ans). Cela confirme la généralité selon laquelle la sériciculture est une industrie artisanale à base agricole, qui n'a pas besoin de machines / d'électricité / de connaissances techniques. La sériciculture semble être idéalement adaptée pour les femmes qui pourraient ne pas avoir beaucoup d'instruction.

La majorité des femmes a plus de 20 ans d'expérience séricicole (46 %). Puisque la sériciculture est principalement une occupation familiale, les femmes commencent à participer à cette activité quand elles sont jeunes. Les pratiques d'élevage du ver à soie sont transmises de génération en génération de manière informelle. Cependant, 34 % ont moins de cinq ans d'expérience, 11 % entre 5 et 10 ans d'expérience et 9 % entre 10 et 20 ans d'expérience séricicole. Cela indique une autre tendance concernant l'industrie de la soie en plein essor, c'est-à-dire la migration en provenance d'autres cultures, en particulier de la canne à sucre, principalement pour surmonter leurs contraintes. Cela confirme clairement que la sériciculture est un emploi très rémunérateur particulièrement dans les zones rurales par comparaison aux autres cultures contemporaines, telles que la canne à sucre, le riz et les céréales. Dans le cas de nos échantillons d'agricultrices, des femmes à la fois peu et très expérimentées gagnent leur vie en pratiquant la sériciculture. L'expérience ne semble pas avoir d'impact sur la participation des femmes dans les activités séricicoles.

Pour un grand nombre de personnes interrogées, la sériciculture est leur principal emploi (83 %). Cependant, 17 % d'elles, combinent la sériciculture avec d'autres activités économiques. Cela confirme la généralité selon laquelle la sériciculture est l'une des industries rurales très rémunératrices dans le Karnataka, particulièrement dans les zones rurales. En raison de sa nature génératrice d'emplois et de revenus, par comparaison à d'autres cultures commerciales, une majorité s'est impliquée dans la sériciculture pour gagner sa vie.

Les résultats de l'étude montrent plus d'implication de la part des femmes (48 %) dans des activités séricicoles variées comme main d'œuvre familiale (travail non salarié) que comme main d'œuvre payée (11 %). Parallèlement, plus ou moins le même pourcentage de femmes (41 %) pratique la sériciculture à la fois comme main d'œuvre salariée et main d'œuvre familiale. Cependant, puisque la sériciculture est une activité qui peut être entreprise par les femmes chez elles, et peut être associée à d'autres responsabilités domestiques, la plupart des femmes choisissent la sériciculture en tant qu'occupation familiale. La sériciculture est une activité dans laquelle les fermiers n'ont pas besoin d'avoir leurs propres ressources comme la terre, l'espace d'élevage, les équipements d'élevage, etc. pour produire des cocons. A la place, ils peuvent se procurer tous les outils nécessaires, de la terre à l'équipement d'élevage en les louant et pratiquer la sériciculture. La bonne ambiance de travail, les heures de travail flexibles, et le travail avec un groupe social connu sont les principales raisons pour lesquelles les femmes acceptent le travail payé dans les fermes / sur les terres et travaillent comme main d'œuvre séricicole plutôt que dans d'autres types de cultures.

Les résultats montrent que les séricicultrices sont des agricultrices à petite échelle avec environ 56 % de femmes qui cultivent le mûrier sur un terrain de moins de 0,40 hectare, suivi par 0,40 à 0,80 hectares de terrain (24 %). Seules 9 % des femmes cultivent le mûrier sur plus de 0,80 hectares. De plus, les femmes sans terrain pour n'importe quelle activité représentent 11 % et elles gagnent leur vie comme main d'œuvre séricicole. Parallèlement, les observations comparatives sur la culture du mûrier révèlent que 50 % des séricicultrices sont impliquées dans la sériciculture sur leur propre terrain, 20 % sur un terrain loué et 19 % à la fois sur leur propre terrain et sur un terrain loué. Cela confirme la généralité selon laquelle la sériciculture est une activité à base agricole, adaptée aux

familles rurales, en particulier aux familles agricoles petites et marginales, qui sont en plus grand nombre dans la population rurale dépendante de l'agriculture. Il est évident d'après les données de terrain que les familles qui ne possèdent pas de terres, s'impliquent aussi dans la sériciculture. La possession de terrains de mûriers n'est pas un facteur important pour s'impliquer dans la sériciculture en général et plus particulièrement dans la zone de Mandya, où la sériciculture s'est épanouie sur des terrains loués ou loués en bail. Le nombre le plus important de familles se classe dans la catégorie des revenus de moins de 0,015 millions (40 %), suivi par 24 % dans la fourchette de 0,015 à 0,025 millions, 9 % dans la fourchette de revenus allant de 0,025 à 0,50 millions, 12 % dans la fourchette de 0,050 à 0,100 millions et seulement 15 % dans la fourchette de 0,100 millions et au-dessus.

Cependant, on constate que la sériciculture est une activité qui génère certains revenus pour les fermiers, par comparaison à d'autres cultures. Les femmes des villages de Garkalli et de Tadagawadi acquièrent des revenus supplémentaires en entreprenant des activités telles que la réalisation d'agarbatti (l'Agarbatti est un bâton d'encens qui est fabriqué à partir de matières biotiques constituées de poudre de bois, de charbon, d'écorces, de graines, de feuilles, de racines, de rhizomes, de fleurs, etc., avec des huiles essentielles, des résines, des gommes et des substances chimiques aromatiques, dont on applique la pâte au centre d'un bâton de bambou ou en trempant des bâtons non parfumés dans un mélange de parfums et / ou d'huiles essentielles. On les utilise normalement dans les endroits de culte religieux, pour l'élevage des moutons, dans la culture des légumes et dans l'élevage laitier. Les femmes de Mallanadoddi et d'Halebodanoor élèvent du bétail, des moutons et de la volaille pour gagner des revenus supplémentaires.

Ce revenu supplémentaire aide les femmes à augmenter les ressources totales de la famille de manière régulière. Cependant, le revenu qu'une famille gagne à partir de la sériciculture dépend de la part d'avoirs fonciers, des terres possédées et si la sériciculture est pratiquée sur des terres louées ou louées en bail.

La majorité des personnes interrogées appartient à des Groupes d'entraide (SHG) (93 %). Quelle que soit leur situation socio-économique, les femmes s'inscrivent dans un groupe d'entraide parce qu'elles ont pris conscience de l'expérience d'autonomisation qu'apporte l'appartenance à un groupe d'entraide. Dans l'Inde rurale d'aujourd'hui, les SHG ont créé une révolution silencieuse en apportant aux femmes non seulement la capacité d'économiser pour un futur stable, mais aussi en leur donnant aussi le courage de faire face à la violence à la fois chez elles et dans la communauté. Le fait que jusqu'à 93 % des personnes interrogées appartiennent à un SHG montre que cette institution a fait ses preuves dans les villages en Inde.

Autonomisation politique :

L'autonomisation politique concerne l'acquisition de pouvoirs qui influencent les décisions et dirigent le cours des événements et peuvent changer des situations vitales. On a analysé le niveau d'autonomisation politique des personnes interrogées par rapport à des facteurs tels que la prise de conscience politique, la perception du rôle des femmes dans l'activité politique et la préférence de vote.

Prise de conscience politique :

On analyse la prise de conscience politique en prenant cinq indicateurs en considération, tels que le degré de prise de conscience des personnes interrogées par rapport au calendrier des élections (locales, régionales et nationales), le niveau de prise de conscience par rapport au droit de vote, le degré de liberté dans le choix des candidats, le degré d'exposition et d'implication des personnes interrogées à un groupe d'entraide.

On constate que quels que soit la caste, l'âge, l'éducation et l'expérience en sériciculture, la majorité des personnes interrogées est pleinement consciente du calendrier des élections et par conséquent, utilise son droit de vote dans toutes les élections locales, au niveau de l'état et nationales

qui ont eu lieu (96 %) pendant les quinze dernières années. La plupart d'entre elles connaissent l'existence et les activités des groupes d'entraide ou des mahila mandals, un groupe de la société civile au niveau du village. Presque toutes les femmes engagées dans les activités séricicoles sont membres de l'un ou l'autre des groupes d'entraide. Parmi les 4 % de sujets dont les connaissances sont partielles, l'un était une adolescente allant au collège, deux étaient des femmes sans terre et l'autre une femme âgée. Ces femmes ne sont pas membres de SHG. Les femmes qui sont membres d'institutions de micro-crédit ou d'autres institutions au niveau du village ont développé un plus grand sens de prise de conscience politique, parce qu'elles ont l'opportunité d'échanger des informations, des opinions et qu'elles se sentent aussi plus confiantes par rapport à la vie en dehors de chez elles.

Perceptions sur le rôle des femmes dans les activités politiques :

Afin d'évaluer les perceptions des personnes interrogées sur le rôle des femmes en politique : deux aspects ont été soulevés : l'attitude envers le rôle des femmes en politique et en tant que fournisseurs de services.

D'après les données du Tableau I, il émerge qu'une majorité, c'est-à-dire 66 % des personnes interrogées a le sentiment que les femmes ont un rôle équitable à la fois comme leaders et comme pourvoyeurs de services. C'est en gros en accord avec la réputation dont les femmes bénéficient comme leaders et comme pourvoyeur de soins dans la communauté.

Par ailleurs, les femmes de tous les groupes dans notre échantillon, soutiennent la participation des femmes dans la politique courante. Toutes les femmes ont une approche positive du rôle des femmes en politique, sauf une femme de Madivala, cependant plus de femmes de la caste des Vokkaliga ont cette approche que celles de la caste des intouchables. Par ailleurs, plus de femmes propriétaires de terrains de mûriers et plus de femmes appartenant à des SHG considèrent que les femmes peuvent être des leaders proactifs. Les femmes venant de familles à faibles revenus sont plus favorablement disposées à l'égard des femmes qui jouent un rôle actif en politique que leurs homologues provenant de familles aux revenus plus élevés.

En ce qui concerne la corrélation entre le niveau d'instruction et la perception positive des femmes en politique, on constate que plus de femmes instruites pensent que les femmes peuvent faire un bon travail en politique et peuvent aussi tenir parole. Elles ont le sentiment que les femmes, en tant que représentantes du peuple peuvent avoir de meilleurs résultats que leurs homologues mâles (Tableau II).

Autonomisation économique :

Dans cet article, on a étudié l'autonomisation économique par rapport à trois facteurs principaux, c'est-à-dire la participation professionnelle, l'accès à la terre, au crédit et au marché et la liberté de décision par rapport à l'utilisation des ressources familiales.

Participation au travail :

Selon les données dans le Tableau III, les participantes non salariées sont plus nombreux par comparaison aux autres catégories de travailleuses. Les travailleuses non salariées se situent principalement dans le groupe d'âge 25 à 40 ans. Les données montrent aussi que le travail salarié est en général entrepris par les femmes provenant de familles sans terre.

On peut tirer certaines conclusions concernant le profil professionnel des personnes interrogées. D'abord, les femmes avec de faibles revenus participent à la fois comme main d'œuvre familiale et comme main d'œuvre salariée. Cela est principalement dû au fait qu'elles n'ont que de petites parcelles de terrains ou qu'elles entreprennent des activités séricicoles sur une terre louée en bail. Cela nécessite naturellement des investissements plus importants. Les femmes avec peu de terrain tendent à travailler à la fois sur le terrain de leur famille et comme main d'œuvre salariée. Puisqu'il y a un stéréotype par rapport au sexe dans les activités séricicoles que les femmes réalisent, elles n'ont

pas d'autre choix que de travailler chez elles ou à l'extérieur. Ces résultats nous amènent à la conclusion que dans la sériciculture une majorité de femmes travaille à la fois comme main d'œuvre familiale et comme main d'œuvre salariée pour soulager le fardeau de la famille et aussi pour assumer les responsabilités familiales soit comme soutien familial unique ou principal ou comme pourvoyeurs de soins.

Accès aux ressources :

Dans cette étude, nous avons essayé d'examiner le degré d'accès des femmes à la propriété de terres, aux facilités de crédit et la fréquence de visite sur les marchés aux cocons.

On constate que la majorité des personnes interrogées (96 %) n'a pas de terres enregistrées à leur nom. Même parmi les quatre autres, qui ont des terres enregistrées à leurs noms, deux proviennent de familles sans enfants mâles, l'une est une veuve et en ce qui concerne la quatrième femme, son frère lui avait vendu du terrain en raison de sa proximité avec son terrain. Toutes les femmes qui ont des terres enregistrées à leurs noms proviennent de la communauté dominante des Vokkaliga. Parmi les femmes qui sont propriétaires de terrains, deux appartiennent au groupe d'âge 25-40 ans et deux autres au groupe 60 et plus.

Une majorité des femmes dans l'échantillon étudié sont membres de SHG. La plupart des séricicultrices n'ont pas l'habitude de travailler avec les banques commerciales. Même le marché n'est pas un endroit confortable pour les femmes. Celles qui vont au marché sont des femmes provenant de familles dont les membres hommes sont inactifs ou immobiles / moins mobiles. En fait, les personnes interrogées pensent unanimement que les femmes sont aussi capables que les hommes de gérer le marché. Cependant, elles ont décidé de rester à l'écart parce qu'elles ne voulaient pas que leurs maris soient ridiculisés par leurs pairs et leurs parents pour leur incompetence. Selon le Tableau IV, la majorité des personnes interrogées a peu d'accès à trois ressources, c'est-à-dire la terre, le crédit et le marché. Les femmes qui vont au marché pour vendre leurs cocons (14 %) et les femmes qui ont accès à la terre (4 %) rentrent dans la catégorie « Accès moyen ». Il n'existe qu'une femme qui a un accès important. La plupart des personnes interrogées n'a accès qu'à une ressource, c'est-à-dire le crédit et cela aussi par le biais des groupes d'entraide.

Comme le montre le Tableau V, les personnes interrogées sans instruction ont l'accès le moins important aux ressources. Il semble clair que les niveaux d'instruction moins importants soient une des raisons expliquant un accès plus faible aux ressources. Nous pouvons conclure qu'un niveau plus faible d'instruction est positivement corrélé avec moins d'accès aux ressources.

Prise de décision :

On mesure le modèle de prise de décision chez les séricicultrices en les classant dans trois catégories : celles qui prennent des décisions toutes seules, celles qui dépendent d'autres membres de la famille pour prendre des décisions sur les économies et d'autres sujets liés au ménage et celles qui n'ont jamais pris de décisions toutes seules et dépendent des autres.

Les données dans le Tableau VI indiquent que celles qui prennent des décisions toutes seules dépassent les deux autres catégories. Plus de femmes d'âge mûr prennent de décisions toutes seules, par comparaison aux femmes âgées et jeunes. Les veuves, les célibataires et les femmes séparées tendent à prendre leurs décisions toutes seules. Plus de femmes de familles nucléaires que de familles regroupées et plus de femmes de la caste des Vokkaliga que de la caste des intouchables et de Madivala prennent des décisions indépendantes. L'appartenance à un SGH a aidé de nombreuses femmes à prendre des décisions toutes seules.

Autonomisation sociale :

On analyse l'autonomisation sociale en examinant les situations qui dominent dans les vies des personnes interrogées par rapport aux paramètres tels que le principal preneur de décisions dans la famille, l'expérience de la violence domestique et la mobilité physique.

Principal preneur de décisions dans la famille :

Pour comprendre le schéma de prise de décision, on demande aux familles des personnes interrogées, quels sont les preneurs de décision clé dans leurs familles sur les sujets tels que l'éducation des enfants, le mariage des filles, etc..

Il est clair d'après les données dans le Tableau VII que la majorité des femmes des familles échantillons prennent les principales décisions. Quand on analyse les données sur la prise de décision dans le contexte de l'âge, de la situation maritale et de la taille de la famille, on constate qu'une majorité des preneurs de décision femmes appartient au groupe d'âge de 25 à 40 ans, sont célibataires ou veuves et proviennent de familles nucléaires. Un compte en fonction de la caste montre que la plupart des femmes de Madivala prennent des décisions indépendantes, par comparaison aux femmes de la caste des intouchables, et c'est aussi le cas des femmes de Vokkaliga. Les femmes qui appartiennent à des SHG ont une faible instruction et de petits terrains, mais sont plus indépendantes que les autres pour prendre des décisions.

Mobilité physique :

Pour l'analyse empirique des données sur le degré de mobilité physique des séricicultrices à partir des données de terrain, on les classe dans la catégorie « moins mobile » (leur mobilité est restreinte), « modérément mobiles » (visitent la plupart des endroits, mais pas tous) et « très mobiles » (liberté de visiter n'importe quel endroit de leur choix).

Expérience de la violence domestique :

Pour évaluer le degré de violence familiale qu'elles pourraient avoir rencontrer, on demande aux échantillons d'agricultrices si elles ont expérimenté des abus physiques ou d'autres formes dans la famille.

On peut voir d'après le Tableau VIII que 35 % des sujets admettent avoir souffert de violence domestique. Bien que la violence domestique traverse les barrières des castes et des classes, on observe que la femme qui est vulnérable sur le plan économique souffre plus de violence que celles qui ont les moyens de subvenir sur le plan économique.

On voit d'après le Tableau IX que 41 % de nos sujets se considèrent comme très mobiles et près de 19 % comme modérément mobiles. Ceux qui sont mobiles représentent ensemble 60 %. En ce qui concerne l'influence d'autres facteurs sur la mobilité, on constate que les femmes plus jeunes, les femmes qui sont sans soutien mâle, les membres de familles nucléaires et les membres de SHG s'avèrent plus mobiles que les autres. Cependant, il est assez surprenant que plus de femmes analphabètes soient mobiles que de femmes sachant lire et écrire et de femmes instruites. Cela indique que l'enseignement ou l'instruction ne rend pas les femmes autonomes.

Les données dans le Tableau X révèlent que les personnes interrogées avec plus de mobilité physique expérimentent moins de violence que celles qui sont moins mobiles. Quand les femmes sont mobiles, elles développent des réseaux de contacts qui leur donnent non seulement un soutien émotionnel, mais leur apportent aussi des informations sur la manière de faire face à la violence.

CONCLUSION

L'implication dans la sériciculture dote les femmes d'une conscience politique sur le calendrier des élections, d'une conscience de vote et de la perception des femmes comme des partenaires

politiques et des pourvoyeuses de services positifs. Peut être que grâce à l'ambiance de travail en groupe, cela leur donne la possibilité d'échanger des informations et des opinions.

L'industrie a facilité la participation économique des femmes comme travailleurs salariés (main d'œuvre séricole) et non salariés (travail familial). Les femmes travaillent à la fois dans leur famille et comme main d'œuvre salariée, principalement pour soulager le fardeau de la famille. Cependant, l'accès aux ressources est limité seulement au crédit, cela aussi par le biais des groupes d'entraide locaux de femmes. La visite au marché dépend de la disponibilité et de la santé du membre adulte mâle du foyer. La tradition patriarcale existante empêche les femmes de devenir propriétaires de terrains. Les décisions concernant l'enseignement des enfants, le mariage des filles et d'autres décisions liées au ménage sont principalement prises par les femmes du foyer.

Bien que la pratique de la sériculture ait donné aux femmes la possibilité d'acquérir une autonomie politique, économique et sociale, en réalité, elles ne peuvent pas l'appliquer complètement pour de nombreuses raisons. Pour connaître l'autonomisation absolue, elles ont besoin de plus de soutien des institutions sociales, telles que la famille, la société, la communauté et le gouvernement.

SELECTION OF RESISTANCE TO INFECTIOUS FLACHERIE VIRUS IN THE POPULATION OF SILKWORM *BOMBYX MORI* L.

P. SUDHAKARA RAO*, T. SELVA KUMAR, S. D. SHARMA & J. JUSTIN KUMAR

Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore-570008, India.
Tel.: 091-0821-2362547, Fax: 091-0821-2362845, E.mail: parimi_rao@yahoo.com

*Development of productive and disease resistant silkworm breeds and hybrids constitutes one of the major thrust areas in sericulture. Among the major diseases of silkworm, flacherie disease caused by *Bombyx mori* Infectious flacherie virus (BmIFV) accounts for considerable cocoon crop loss in the field. Integrated silkworm disease management practices have been suggested to manage the disease at farmer's level. However, the most preferred management of silkworm disease is exploitation of disease resistance available in the indigenous germplasm stocks. In the present study, twenty five productive silkworm breeds each of multivoltine and bivoltine were drawn from the working germplasm maintained at this institute and screened with an infective dose of BmIFV ($1 \times 10^{-4.5}$ dilutions / ml). The average data of three trials indicated that all the breeds tested are susceptible to BmIFV and they differ in their level of susceptibility. Among the 25 breeds each of multivoltine and bivoltine, mortality rate ranged between 6.67% to 72.67% in multivoltines and 7.27% to 89.6% in bivoltine breeds. Lethal concentrations (LC50) were determined for the selected breeds 96A, 96E, BL65 and BL69 (Multivoltines) and B218, A210, 61N and 5N (Bivoltines). These identified breeds were further fed with gradual increased dose of BmIFV inoculum for 6 generations alternatively for enhancing tolerance while selecting surviving populations. By the end of G6 of inoculated conditions, 96E, 61N and 5N were found most tolerant with 35.0%, 80.50% and 83.34% pupation rate at highest concentration of $1 \times 10^{-1.5}$ dilutions / ml BmIFV respectively. These breeds by the end of 6th generation of inoculation (G6), have reached threshold level of resistance against BmIFV and were finally identified as potential donor parents for future silkworm breeding programme.*

Keywords: *Bombyx mori* L, resistance, BmIFV, productive bivoltine and multivoltine donor breeds.

INTRODUCTION

Centuries of domestication of mulberry silkworm *Bombyx mori* L. has resulted in its susceptibility to number of diseases like pebrine, grasserie, flacherie and muscardine. These diseases cause extensive damage to silkworm cocoon crop leading to economic loss to the sericulturists. Among the diseases, the total infection recorded for flacherie disease is of 30% and caused by different species of bacteria and infectious flacherie virus (BmIFV) and their mixed infections (Sivaprasad *et al.*, 2000). Selva Kumar *et al.*, (2005) estimated the cocoon crop loss due to different diseases ranged from 10-15 kg /100 dfls during different seasons. Though preventive and curative measures are being adopted in sericulture to minimize the crop loss, best option is the use of disease resistant varieties. Many disease resistant silkworm varieties to different pathogens have been bred in some silkworm breeding units

* Author for correspondence

of China (Liu Shi Xian, 1984). Earlier studies of Sivaprasad *et al.*, (2005) in India, identified silkworm breeds tolerant to BmIFV. Mamatha and Balavenkatasubbaiah (2008) indicated variations in tolerance to BmIFV in existing silkworm breeds. Although the virus susceptibility of silkworm larvae depends up on the internal and external environmental factors, disease resistant genes determine the fundamental resistance genetically, and resistance to BmIFV is controlled by polygenes (Watanabe, 1986). The difference of tolerance of silkworm breeds to BmIFV infection may be due to the ability of the breed to replace the damaged gut tissue (Inoue, 1974) and this ability may be an heritable character and can be exploited to develop tolerant productive bivoltine and multivoltine breeds for increased silk production. Earlier, attempts were made by authors like Aizawa *et al.*, (1961); Watanabe (1967); Aratake (1974) and Singh *et al.*, (1990) through artificial induction of disease and subsequent selection of healthy survivors of the population for different pathogens. Thus, an attempt was made in the present investigation, to develop resistant / tolerant silkworm breeds against BmIFV through artificial induction of disease and enhanced tolerance to a threshold level in the selected productive silkworm breeds to use them as potential breeding resource material against BmIFV in future breeding programme.

MATERIALS AND METHODS

BmIFV stock inoculum maintained at silkworm pathology laboratory of this institute was multiplied in a susceptible silkworm breed (CSR2) by *per os* inoculation through mulberry leaf. The diseased larvae infected with BmIFV were collected and processed for the collection of BmIFV. The midguts of diseased larvae were dissected out and the tissue was ground with sterilized distilled water. 10% homogenate prepared and was centrifuged at 5000 rpm for 30 minutes at 4°C. The supernatant which was collected was filtered through 0.45 mm membrane filter. The filtrate was used as BmIFV stock inoculum and preserved at -20°C for further use. The stock suspension was suitably diluted with sterilized distilled water to obtain desired concentration.

Twenty five silkworm breeds each of multivoltine (96C, TX, Sarupat, BL 23, 24, 27, 29, 65, 67, 69, ND5, ND7, MAD, MAR, Nistari, Cambodge, PV1, NP1, 96A, 96E, PM, MR1, C. Nichi, SBNP7 and RD1) and bivoltine breeds (CSR2, CSR4, CSR5, CSR6, CSR16, CSR17, CSR18, CSR19, CSR26, CSR50, CSR51, CSR2 (SL), A210, NB4D2, B218, H330, S1, S5, 5HT, 8HT, D13, D15, 2N, 5N and 61N) were drawn from the working germplasm of this institute and reared as per the standard rearing procedure (Datta, 1992) and prepared base population. After passing second moult, 100 larvae each in three replications were separated for per oral inoculation with one ml of BmIFV having $10^{-4.5}$ concentration. The larvae were fed thrice daily with fresh mulberry leaves and reared till 15 days of post inoculation. The symptoms of BmIFV showed loss of appetite, translucent cephalo thorax, shrinkage of the larval body, retarded growth and empty fore gut observed in advance stage of infection were recorded and daily mortality was observed. The control batches were reared under normal rearing conditions for future use. The experiment was repeated thrice and statistically analyzed.

LC50 values were determined for the short listed breeds using probit analysis. Four multivoltine (96A, 96E, BL65 and BL69) and four bivoltine breeds (B218, A210, 61N and 5N) were selected for enhancing the resistance through BmIFV inoculation. The selected silkworm breeds were fed with gradually increased dose of BmIFV ($1 \times 10^{-4.0}$, $1 \times 10^{-3.5}$, $1 \times 10^{-3.0}$, $1 \times 10^{-2.5}$, $1 \times 10^{-2.0}$ and $1 \times 10^{-1.5}$) in each alternate generation (one generation with pathogen load and other generation in normal rearing to regain productive traits of the breed) and selected surviving population. The survived populations were allowed for cocooning and disease free layings were prepared for next generation. By the end of 6th generation of inoculation (G6) breeds having the increased tolerance level to BmIFV were identified. The batches were reared under normal and inoculated rearing conditions. The observations were made on the survivability and productive traits.

RESULTS

The mean data of three trials screening results for selected multivoltine and bivoltine breeds (from 25 each multivoltine and bivoltine) are presented in Table I. The screening results against BmIFV at $1 \times 10^{-4.5}$ dilutions / ml showed differential response for BmIFV. Based on the higher levels of tolerance, six multivoltine breeds (96A, 96E, BL65, BL69, C. Nichi and Mysore princess) and six bivoltine breeds (B218, A210, NB4D2, H330, 61N and 5N) were shortlisted. Among the six selected multivoltine breeds, the mortality rate ranged between 6.67% (Mysore princess) to 43.33% (C. Nichi). The mortality rate in six selected bivoltine breeds ranged between 7.27% (B 218) to 25.67% (61 N). But among six multivoltine breeds, only four breeds (96A, 96E, BL65 and BL69) having productive merits with LC50 values ranging between $10^{-1.931}$ to $10^{-4.000}$ dilutions / ml were selected for improving tolerance to BmIFV. Likewise among six bivoltine breeds, four breeds (B 218, A210, 61N and 5N) having productive merits with LC50 values ranging between $10^{-0.565}$ to $10^{-2.367}$ dilutions / ml were selected for improving tolerance to BmIFV. First level of selection was made based on the results of probit analysis and second level of selection was made based on productive merits (Table II). The mean data on larval and cocoon characters in control and treated batches are presented in Tables II and IV, respectively. The generation wise data on larval and cocoon characters in BmIFV treated for all the three tolerant breeds were given in Table IV.

Table I. Performance of shortlisted multivoltine and bivoltine breeds against BmIFV ($1 \times 10^{-4.5}$) dilutions / ml).

Tableau I. Performance des lignées polyvoltines et bivoltines sélectionnées par rapport à des dilutions de BmIFV ($1 \times 10^{-4.5}$) / ml.

| Test material | No. of larvae inoculated | No. of larvae infected | Mortality (%) |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| <i>Matériel testé</i> | <i>Nbre de larves inoculées</i> | <i>Nbre de larves infestées</i> | <i>Mortalité (%)</i> |
| 96A | 300 | 114 | 38.00 |
| 96E | 300 | 103 | 34.33 |
| BL65 | 300 | 130 | 43.33 |
| BL69 | 300 | 92 | 30.66 |
| C.Nichi | 300 | 31 | 10.33 |
| Mysore princess | 300 | 20 | 6.67 |
| CD5% | - | - | 10.60 |
| B218 | 300 | 22 | 7.33 |
| A210 | 300 | 68 | 22.66 |
| NB4D2 | 300 | 31 | 10.33 |
| H330 | 300 | 26 | 8.66 |
| 61N | 300 | 77 | 25.66 |
| 5N | 300 | 44 | 14.66 |
| CD5% | - | - | 9.70 |

Table II. Performance of selected multivoltine and bivoltine parents under normal rearing conditions (Mean of 3 trials).

Tableau II. Performance des parents polyvoltins et bivoltins sélectionnés dans des conditions d'élevage normales (moyenne de 3 essais).

| Selected Breeds | Larval Marking | Cocoon Shape | Fecundity (no.) | Pupation rate (%) | Larval weight (g) | Cocoon Weight (g) | Shell weight (cg) | Shell ratio (%) |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| <i>Lignées sélectionnées</i> | <i>Marquage larvaire</i> | <i>Forme du cocon</i> | <i>Fécondité (nbre)</i> | <i>Taux de nymphose (%)</i> | <i>Poids de la larve (g)</i> | <i>Poids du cocon (g)</i> | <i>Poids de la coque (cg)</i> | <i>Richesse soyeuse (%)</i> |
| 96A | Plain | Oval | 388 | 90.4 | 36.0 | 1.369 | 23.6 | 17.23 |
| | <i>Unie</i> | <i>Ovale</i> | | | | | | |
| 96E | Plain | Oval | 390 | 94.0 | 34.8 | 1.394 | 27.5 | 19.72 |
| | <i>Unie</i> | <i>Ovale</i> | | | | | | |
| BL65 | Plain | Oval | 382 | 92.8 | 35.0 | 1.452 | 27.3 | 18.80 |
| | <i>Unie</i> | <i>Ovale</i> | | | | | | |
| BL69 | Plain | Oval | 400 | 91.2 | 34.9 | 1.470 | 28.2 | 19.18 |
| | <i>Unie</i> | <i>Ovale</i> | | | | | | |
| B218 | Marked | Peanut | 530 | 92.0 | 40.2 | 1.665 | 38.1 | 22.88 |
| | <i>Marquée</i> | <i>Cintrée</i> | | | | | | |
| A210 | Plain | Oval | 551 | 90.1 | 43.4 | 1.727 | 40.4 | 23.39 |
| | <i>Unie</i> | <i>Ovale</i> | | | | | | |
| 61N | Plain | Peanut | 546 | 89.1 | 42.0 | 1.680 | 38.3 | 22.79 |
| | <i>Unie</i> | <i>Cintrée</i> | | | | | | |
| 5N | Marked | Peanut | 551 | 92.2 | 44.0 | 1.700 | 40.6 | 23.88 |
| | <i>Marquée</i> | <i>Cintrée</i> | | | | | | |

Data indicates that during G1, the pupation rate was ranged from 18.00 to 34.65% at $1 \times 10^{-4.0}$ concentration and improved till G3 and started decreasing further with gradual increase of pathogen load. But it was noticed that in most tolerant breeds like 96E, 61N and 5N the pupation rate increased even at high dose of pathogen. Among the four multivoltines, one breed 96E has shown more tolerance during G6 with a pupation rate of 35% at high concentration of $1 \times 10^{-1.5}$ of BmIFV dosage and in bivoltines, 61N and 5N have shown highest pupation rate of 80.50% and 83.34%, respectively (Table III). The cocoon productivity traits are reduced in all treated batches at initial generations. In middle generations of G3, the cocoon weight, cocoon shell weight and cocoon shell ratio decreased to certain extent in multivoltine and bivoltine breeds. The productivity traits like cocoon weight, cocoon shell weight and cocoon shell ratio were recouped and reached on par with control batches by the end of 6th generation (G6). With the high dose ($1 \times 10^{-1.5}$) of BmIFV pathogen load, the survival rate in bivoltine breeds 61N and 5N reached 80.54 and 83.34%, respectively and 35% in multivoltine breed 96E with high productive traits which indicates the superiority of the breeds and selection effect.

Table III. Generation wise pupation rate (%) of selected breeds against BmIFV.*Tableau III. Taux de nymphose (%) des lignées sélectionnées par rapport à BmIFV en fonction des générations.*

| Generations | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| BmIFV dose <i>Dose BmIFV</i> | $1 \times 10^{-4.0}$ | $1 \times 10^{-3.5}$ | $1 \times 10^{-3.0}$ | $1 \times 10^{-2.5}$ | $1 \times 10^{-2.0}$ | $1 \times 10^{-1.5}$ |
| 96A | 20.33 | 69.00 | 59.50 | 22.0 | 17.34 | 12.50 |
| 96E | 18.00 | 49.00 | 44.50 | 21.75 | 29.67 | 35.00* |
| BL65 | 18.50 | 60.00 | 72.50 | 18.00 | 22.00 | 21.00 |
| BL69 | 19.84 | 64.00 | 78.75 | 22.00 | 17.67 | 18.00 |
| B218 | 25.00 | 48.00 | 75.50 | 55.00 | 58.00 | 30.67 |
| A210 | 15.67 | 41.00 | 57.50 | 59.50 | 60.34 | 21.64 |
| 61N | 30.67 | 48.00 | 79.50 | 83.50 | 70.67 | 80.54* |
| 5N | 34.65 | 79.50 | 83.00 | 84.25 | 80.34 | 83.34* |

*Breeds selected as most tolerant against BmIFV / *Lignées sélectionnées les plus tolérantes à BmIFV.*

DISCUSSION

In the present study, the mean data of three trials indicated that all the breeds tested are susceptible to BmIFV and they differ in their level of susceptibility. Among the 25 breeds each of multivoltine and bivoltine, mortality rate ranged between 6.67% to 72.67% in multivoltines and 7.27% to 89.6% in bivoltine breeds with an infective dose of BmIFV $1 \times 10^{-4.5}$. Lethal concentration (LC50) values determined for the selected breeds 96A, 96E, BL65 and BL69 (Multivoltines) indicated between $10^{-1.931}$ to $10^{-4.000}$. LC50 values for bivoltine breeds (B218, A210, 61N and 5N) ranged between $10^{-0.565}$ to $10^{-2.367}$ and the lowest value being for 5N. Mamatha and Balavenkatasubbaiah (2008) worked out LC50 values for 5N and CSR2 and demonstrated that 5N is most tolerant against BmIFV. Among the selected breeds, 96E was found most tolerant with 35% pupation at highest concentration of BmIFV ($1 \times 10^{-1.5}$ dilutions / ml) in multivoltine category and 5N, 61N with a pupation rate of 83.34% and 80.52%, respectively in bivoltine breed category indicates their genetic flexibility for pathogen load. Earlier studies of Aratake (1973), Liu Shi Xian (1984) noticed difference in susceptibility of Japanese and Chinese breeds / hybrids to various pathogens including BmIFV. There are many silkworm varieties or strains in India whose genetic constitution is homozygous and it should be studied intensively to establish the basis for genetic resistance to viral diseases (Hemanth Kumar *et al.*, 2006). The genetic materials having strong disease resistance can form the substantial basis for breeding disease resistant varieties. The genotypes with disease resistance gene always have better chance to survive under pathogen loaded environment. There had been earlier attempts to breed silkworms resistant to BmNPV, BmCPV and BmIFV through application of selection pressure to respective viruses (Uzigawa and Aruga, 1966; Watanabe, 1967; Funada, 1968 and Aratake, 1974). Earlier studies of Watanabe (1986) indicated that BmIFV is controlled by polygenes.

Table IV. Productive traits in selected breeds against BmIFV during G3 and G6.*Tableau IV. Caractères productifs chez les lignées sélectionnées par rapport à BmIFV en G3 et G6.*

| Breeds | G3 | | | | G6 | | | |
|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| | Larval weight | Cocoon weight | Shell weight | Shell ratio | Larval weight | Cocoon weight | Shell weight | Shell ratio |
| <i>Lignées</i> | <i>Poids larvaire (g)</i> | <i>Poids du cocon (g)</i> | <i>Poids de la coque (cg)</i> | <i>Richesse soyeuse (%)</i> | <i>Poids de la larve (g)</i> | <i>Poids du cocon (g)</i> | <i>Poids de la coque (cg)</i> | <i>Richesse soyeuse (%)</i> |
| 96A | 31.80 | 1.402 | 25.0 | 17.75 | 34.20 | 1.411 | 25.8 | 18.28 |
| 96E | 30.40 | 1.405 | 26.0 | 18.50 | 31.00 | 1.400 | 26.0 | 18.57* |
| BL65 | 26.80 | 1.338 | 25.0 | 18.70 | 28.00 | 1.335 | 26.5 | 19.85 |
| BL69 | 28.00 | 1.467 | 26.6 | 18.13 | 30.00 | 1.460 | 30.2 | 20.68 |
| B218 | 37.40 | 1.487 | 33.2 | 22.34 | 36.00 | 1.486 | 33.0 | 22.20 |
| A210 | 35.80 | 1.486 | 34.6 | 23.60 | 38.35 | 1.536 | 35.2 | 22.91 |
| 61N | 39.00 | 1.499 | 31.9 | 21.28 | 37.50 | 1.480 | 33.6 | 22.70* |
| 5N | 41.00 | 1.519 | 32.9 | 21.68 | 40.00 | 1.500 | 33.0 | 22.00* |

*Breeds selected as most tolerant against BmIFV / *Lignées sélectionnées les plus tolérantes à BmIFV.*

But under certain conditions of selection, breeding of disease resistant varieties against BmIFV is possible due to the accumulation of micro effect genes and its large heritable nature in subsequent generations (Sivaprasad *et al.*, 2005). It could be observed from Table III, that breeds like BL65, BL69, B218, B210 which were showing less survival with high ($1 \times 10^{-1.5}$) concentration of BmIFV denotes that they could not withstand high dose of BmIFV and their genetic flexibility for pathogen load is limited. The increase of tolerance level against BmIFV in selected breeds 96E, 61N and 5N up to threshold level with productive traits at par with original breed level is successful in the present study. With gradual increase of pathogen load (Table.III), it is possible to enhance tolerance level in certain breeds and they reached a plateau. Similar results were obtained by Aizawa *et al.* (1961) where they have developed a resistant silkworm strain to virus induction by selection through 13 generations. Uzigawa and Aruga (1966), Funada (1968) and Aratake (1974) attempted the selection of silkworm resistant to IFV infection by repeated exposure of the virus and they succeeded in obtaining a resistant strain after several generations.

Hence, it is concluded that the identified stocks, 96E, 5N and 61N could be conveniently used in future breeding programmes as breeding resource material to develop tolerant / resistant breeds against BmIFV and identification of different hybrid combinations.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are thankful to the scientists of silkworm breeding and genetics laboratories for supplying working germplasm stocks and Mr. A K Palit, Assistant Director (Economics) for statistically analysis of the data.

REFERENCES

- AIZAWA, K.; FURUTA, Y.; & NAKAMURA, K. (1961) Selection of a strain to virus induction in the silkworm, *Bombyx mori*, J. Seric. Sci. Jpn., 30: 405-412.
- ARATAKE, Y. (1973) Strain difference of the silkworm, *Bombyx mori* L. in the resistance to a nuclear polyhedrosis virus, J. Seric. Sci. Jpn., 42: 230-238.
- ARATAKE, Y. (1974) Selection of the silkworm strain resistant to a flacherie virus. *Acta sericologia*. 92:144-151
- DATTA, R. K. (1992). Guidelines for bivoltine rearing. Central silk board, Bangalore, India.
- FUNADA, T. (1968) Genetic resistance of the silkworm, *Bombyx mori* L. to an infection of a flacherie virus, J. Seric. Sci. Jpn., 37 : 281-287.
- HEMANTH KUMAR, L.; RATNASEN.; NATARAJU, B.; & MAMATHA, M. (2006) Screening of promising bivoltine hybrids of mulberry silkworm for their susceptibility to *Bombyx mori* Nuclear polyhedrosis virus and *Bombyx mori* Infectious flacherie virus. *Int. J. indust. Entomol.* 12: 95-100.
- INOUE, H. (1974) Multiplication of an infectious flacherie virus in the resistant and susceptible strains of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Seric. Sci. Jpn., 43: 318-324.
- LIU SHI XIAN. (1984) Identification on the resistance of silkworm (*Bombyx mori*) races to six types of silkworm diseases, *Sericologia*, 24: 377-382.
- MAMATHA, M & BALAVENKATASUBBAIAH, M. (2008) Identification of productive bivoltine silkworm breeds tolerant to BmIFV (*Bombyx mori* Infectious flacherie virus). *Uttar Pradesh. J. Zool.* 28 : 297-305.
- SELVA KUMAR, T.; NATARAJU, B.; BALAVENKATASUBBAIAH, M.; SHARMA, S. D.; CHANDRASEKHARAN, K & SUDHAKARA RAO, P. (2005). Influence of environmental and nutritional factors on the development of flacherie in silkworm, *Bombyx mori* L. In: *Proceedings of the 20th Congress of the International Sericultural Commission*, 15-18th December, 2005, Bangalore, India. Conference paper, 1: 207-211.
- SINGH, B. D.; BALAVENKATASUBBAIAH, M.; SHARMA, S. D. & BAIG, M. (1990). Selection for resistance to a pathogenic bacterium in laboratory populations of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 30: 305-309.
- SIVAPRASAD, V.; SELVA KUMAR, T.; NATARAJU, B & DATTA, R. K (2000) Synergistic effect of BmIFV and *Streptococcus*, *Staphylococcus* and *Serratia Marescens* in silkworms *Sericologia*, 40 (suppl.): 122.
- SIVAPRASAD, V.; KIRAN KUMAR, K. P.; RAJA GOPAL REDDY, C. ; PRASAD, K.; JAGADEESWARA, B. & CHANDRASEKHARAIH. (2005). Identification of silkworm breeds tolerant to BmIFV (*Bombyx mori* Infectious Flacherie Virus), In: *Proceedings of the 20th Congress of the International Sericultural Commission*, 15-18th December, 2005, Bangalore, India. Conference paper, 1: 315-321.
- UZIGAWA, K AND ARUGA, H (1966) On the selection of resistant strains of Infectious flacherie virus in the silkworm *Bombyx mori* L. J. Seric. Sci. Jpn., 35: 23-26.
- WATANABE, H. (1967) Development of resistance in the silkworm, *Bombyx mori* L. to peroral infection of a cytoplasmic polyhedrosis virus. *J. invertebrate. Pathol.*, 2: 474-479.
- WATANABE, H. (1986) Resistance of the silkworm, *Bombyx mori* to various viral infections, *Agriculture, ecosystems and environment*, 15: 131-139

SELECTION DE LA RESISTANCE AU VIRUS DE LA FLACHERIE INFECTIEUSE DANS LA POPULATION DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

P. SUDHAKARA RAO*, T. SELVA KUMAR, S. D. SHARMA & J. JUSTIN KUMAR

Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore – 570 008, Inde.
Tel. : 091 -0821-2362547, Fax: 091-0821-2362845, Email: parimi_rao@yahoo.com

*La mise au point d'hybrides et de lignées du ver à soie résistant aux maladies et productifs est l'un des domaines les plus dynamiques de la sériciculture. Parmi les principales maladies du ver à soie, la maladie de la flacherie provoquée par le virus de la flacherie infectieuse de *Bombyx mori* (BmIFV) entraîne une perte considérable de cocons sur le terrain. Pour lutter contre la maladie au niveau des fermiers, on a suggéré des pratiques de lutte intégrée contre les maladies du ver à soie. Cependant, la méthode préférée contre les maladies du ver à soie est l'exploitation de la résistance à la maladie disponible parmi les souches de germoplasmes indigènes. Dans cette étude, on a pris vingt cinq lignées de ver à soie productives à la fois polyvoltines et bivoltines dans les germoplasmes de travail maintenus dans cet institut et on les a évaluées avec une dose infectieuse de BmIFV (dilutions de $1 \times 10^{-4,5}$ / ml). Les données moyennes à partir de trois essais montrent que toutes les lignées testées sont sensibles à BmIFV, mais leur niveau de sensibilité diffère. Parmi les vingt cinq lignées polyvoltines et les vingt cinq lignées bivoltines, le taux de mortalité est compris entre 6,67 % et 72,67 % chez les lignées polyvoltines et entre 7,27 % et 89,6 % chez les lignées bivoltines. On a déterminé les concentrations létales (CL50) pour les lignées sélectionnées 96A, 96E, BL65 et BL69 (polyvoltines) et B218, A210, 61N et 5N (bivoltines). On a à nouveau administré une dose de l'inoculum de BmIFV à ces lignées identifiées de manière alternée pendant 6 générations pour améliorer la tolérance, tout en sélectionnant les populations survivantes. A la fin de G6 dans les conditions d'inoculation, 96E, 61N et 5N s'avèrent plus tolérantes avec respectivement un taux de nymphose de 35 % ; 80,50 % et 83,34 % à la concentration de dilution la plus élevée de $1 \times 10^{-1,5}$ / ml de BmIFV. A la fin de la 6ème génération d'inoculation (G6), ces lignées ont atteint le niveau seuil de résistance à BmIFV et on les a finalement identifiées comme des parents donneurs potentiels pour de futurs programmes de sélection du ver à soie.*

INTRODUCTION

Des siècles de domestication du ver à soie mûrier *Bombyx mori* L. ont entraîné sa sensibilité à un certain nombre de maladies, telles que la pébrine, la grasserie, la flacherie et la muscardine. Ces maladies entraînent des dégâts considérables en matière de récolte de cocons du ver à soie, qui génèrent des pertes économiques pour les sériciculteurs. Parmi les maladies, l'infestation totale enregistrée pour la maladie de la flacherie est de 30 % et elle est provoquée par différentes espèces de bactéries, par le virus de la flacherie infectieuse (BmIFV) et par leurs infestations mélangées (Sivaprasad et coll., 2000). Selva Kumar et coll., (2005) ont estimé les pertes de récolte en cocons dues aux différentes maladies entre 10 à 15 kg / 100 pontes saines pendant différentes saisons. Bien que des mesures préventives et curatives aient été adoptées en sériciculture pour minimiser les pertes de récoltes, la meilleure option est d'utiliser des variétés résistantes à la maladie. De nombreuses

* Auteur auquel adresser la correspondance.

variétés de ver à soie résistantes à différents pathogènes ont été sélectionnées dans certaines unités de sélection du ver à soie en Chine (Liu Shi Xian, 1984). Les études antérieures de Sivaprasad et coll., (2005) en Inde ont identifié des lignées de ver à soie tolérant BmIFV. Mamatha et Balavenkatasubbaiah (2008) ont indiqué des variations de tolérance à BmIFV chez les lignées de ver à soie existantes. Bien que la sensibilité des larves de ver à soie au virus dépende des facteurs environnementaux internes et externes, les gènes de résistance à la maladie déterminent génétiquement la résistance fondamentale et la résistance à l'infestation par BmIFV est contrôlée par les polygènes (Watanabe, 1986). La différence de tolérance entre les lignées de ver à soie à l'infestation par BmIFV pourrait être due à la capacité de la lignée à remplacer les tissus endommagés de l'intestin (Inoue, 1974), cette capacité pourrait être un caractère héréditaire et on pourrait l'exploiter pour mettre au point des lignées bivoltines et polyvoltines productives tolérantes pour augmenter la production de soie. Plus tôt, des essais ont été réalisés par des auteurs comme Aizawa et coll., (1961) ; Watanabe (1967) ; Aratake (1974) et Singh et coll., (1990) en induisant artificiellement la maladie et en sélectionnant ensuite les survivants sains de la population à différents pathogènes. Dans cette étude, nous avons donc essayé de mettre au point des lignées de ver à soie résistantes / tolérantes à BmIFV par l'induction artificielle de la maladie et l'augmentation de la tolérance à un niveau seuil chez les lignées de ver à soie productives sélectionnées, afin de les utiliser comme matériels de ressource potentiels pour la sélection contre BmIFV dans de futurs programmes de sélection.

MATERIELS ET METHODES

On multiplie l'inoculum souche de BmIFV maintenu au laboratoire de pathologie du ver à soie de cet institut chez une lignée de ver à soie sensible (CSR2) grâce à une inoculation per os par la feuille de mûrier. On recueille les larves malades infestées par BmIFV et on les traite pour recueillir BmIFV. On dissèque les intestins moyens des larves malades et on moule les tissus avec de l'eau distillée stérilisée. On prépare un homogénat à 10 % et on le centri fuge à 5000 tpm pendant 30 minutes à 4° C. On filtre le surnageant qui est recueilli au travers d'une membrane filtre de 0,45 mm. On utilise le filtrat comme inoculum souche de BmIFV et on le conserve à -20° C pour une utilisation ultérieure. On dilue la suspension souche de manière adéquate avec de l'eau distillée stérilisée pour obtenir la concentration désirée.

On prend vingt cinq lignées de ver à soie polyvoltines (96C, TX, Sarupat, BL 23, 24, 27, 29, 65, 67, 69, ND5, ND7, MAD, MAR, Nistari, Cambodge, PV1, NP1, 96A, 96E, PM, MR1, C. Nichi, SBNP7 et RD1) et vingt cinq lignées bivoltines (CSR2, CSR4, CSR5, CSR6, CSR16, CSR17, CSR18, CSR19, CSR26, CSR50, CSR51, CSR2 (SL), A210, NB4D2, B218, H330, S1, S5, 5HT, 8HT, D13, D15, 2N, 5N et 61N) parmi les germoplasmes de travail de cet institut, on les élève d'après la procédure d'élevage standard (Datta, 1992) et on prépare la population de base. Après avoir passé la deuxième mue, on sépare 100 larves de chaque lignée en trois répétitions pour l'inoculation orale avec un ml de BmIFV à une concentration de $10^{-4,5}$. On nourrit les larves trois fois par jour avec des feuilles de mûrier fraîches et on les élève jusqu'à 15 jours après l'inoculation. Les symptômes de BmIFV que l'on enregistre sont la perte d'appétit, un céphalo-thorax transparent, le rétrécissement du corps de la larve, un retardement de la croissance et un intestin avant vide pendant le stade avancé de l'infestation et on observe une mortalité quotidienne. On élève des lots témoins dans des conditions d'élevage normales pour les utiliser plus tard. On répète l'expérience trois fois et on l'analyse statistiquement.

On détermine les valeurs CL50 pour les lignées sélectionnées en utilisant l'analyse Probit. On sélectionne quatre lignées polyvoltines (96A, 96E, BL65 et BL69) et quatre lignées bivoltines (B218, A210, 61N et 5N) pour augmenter la résistance par l'inoculation de BmIFV. On administre une dose de BmIFV qui augmente progressivement ($1 \times 10^{-4,0}$, $1 \times 10^{-3,5}$, $1 \times 10^{-3,0}$, $1 \times 10^{-2,5}$, 1×10^{-2} et $1 \times 10^{-1,5}$) aux lignées de ver à soie sélectionnées pendant chaque génération alternée (une génération

avec une charge en pathogènes et l'autre génération avec un élevage normal pour regagner les caractères productifs de la lignée) et chez la population survivante sélectionnée. On laisse les populations survivantes former leurs cocons et on prépare des pontes saines pour la prochaine génération. A la fin de la 6^{ème} génération d'inoculation, (G6), on identifie les lignées dont le niveau de tolérance à BmIFV a augmenté. On élève les lots dans des conditions d'élevage normales et dans des conditions d'inoculation. On procède aux observations sur la capacité de survie et sur les caractères productifs.

RESULTATS

Les données moyennes concernant les résultats d'évaluation pour trois essais chez les lignées polyvoltines et bivoltines sélectionnées (25 polyvoltines et 25 bivoltines) sont présentées dans le Tableau I. Les résultats d'évaluation par rapport à BmIFV avec des dilutions de $1 \times 10^{-4.5}$ /ml montrent une réponse différentielle à BmIFV. D'après les niveaux les plus élevés de tolérance, on sélectionne six lignées polyvoltines (96A, 96E, BL65, BL69, C. Nichi et Mysore princess) et six lignées bivoltines (B218, A210, NB4D2, H330, 61N et 5N). Parmi les six lignées polyvoltines sélectionnées, le taux de mortalité est compris entre 6,67 % (Mysore princess) et 43,33 % (C. nichii). Le taux de mortalité chez les six lignées bivoltines sélectionnées est compris entre 7,27 % (B218) et 25,67 % (61 N). Mais parmi les six lignées polyvoltines, on ne sélectionne que quatre lignées (96A, 96E, BL65 et BL69) qui ont des mérites productifs avec des valeurs CL50 pour des dilutions comprises entre $10^{-1.931}$ et $10^{-4.000}$ / ml afin d'améliorer la tolérance à BmIFV. De même, parmi six lignées bivoltines, on sélectionne quatre lignées (B218, A210, 61N et 5N) qui ont des mérites productifs avec des valeurs CL 50 pour des dilutions comprises entre $10^{-0.565}$ et $10^{-2.367}$ / ml afin d'améliorer la tolérance à BmIFV. On procède au premier niveau de sélection d'après les résultats de l'analyse Probit et à un deuxième niveau de sélection d'après les mérites productifs (Tableau II). Les données moyennes sur les caractères de la larve et du cocon chez les lots témoins et traités sont présentées respectivement dans les Tableaux II et IV. Les données sur les caractères de la larve et du cocon en fonction des générations chez les trois lignées tolérantes traitées par rapport à BmIFV sont présentées dans le Tableau IV.

Les données indiquent qu'en G1, le taux de nymphose est compris entre 18,0 et 34,65 % à une concentration de $1 \times 10^{-4.0}$, il s'améliore jusqu'en G3 et commence à baisser à nouveau avec une augmentation progressive de la charge en pathogène. Mais, on remarque que chez la plupart des lignées tolérantes comme 96E, 61N et 5N, le taux de nymphose augmente même à une dose élevée du pathogène. Parmi les quatre lignées polyvoltines, une lignée, 96E, présente plus de tolérance en G6 avec un taux de nymphose de 35 % à une concentration élevée de $1 \times 10^{-1.5}$ de dose BmIFV et chez les bivoltines, 61N et 5N présentent le taux de nymphose le plus élevé respectivement de 80,50 % et 83,34 % (Tableau III). Les caractères de productivité du cocon diminuent chez tous les lots traités pendant les premières générations. Pendant les générations G3 du milieu, le poids du cocon, le poids de la coque et la richesse soyeuse diminuent dans une certaine mesure chez les lignées polyvoltines et bivoltines. Les caractères de productivité tels que le poids du cocon, le poids de la coque et la richesse soyeuse progressent et atteignent le même niveau que chez les lots témoins à la fin de la 6^{ème} génération (G6). Avec la dose élevée ($1 \times 10^{-1.5}$) de charge en pathogène BmIFV, le taux de survie chez les lignées bivoltines 61N et 5N atteint respectivement 80,54 et 83,34 % et 35 % chez la lignée polyvoltine 96E avec des caractères productifs élevés, ce qui indique la supériorité de ces lignées et l'effet de la sélection.

DISCUSSION

Dans cette étude, les données moyennes concernant trois essais montrent que toutes les lignées testées sont sensibles à BmIFV et que leur niveau de sensibilité diffère. Parmi les 25 lignées

polyvoltines et les 25 lignées bivoltines, le taux de mortalité est compris entre 6,67 et 72,67 % chez les polyvoltines et entre 7,27 et 89,6 % chez les lignées bivoltines avec une dose infectieuse de BmIFV de $1 \times 10^{-4,5}$. Les valeurs de concentration létale (CL50) déterminées pour les lignées sélectionnées 96A, 96E, BL65 et BL69 (polyvoltines) sont comprises entre $10^{-1,931}$ et $10^{-4,000}$. Les valeurs CL50 pour les lignées bivoltines (B218, A210, 61N et 5N) sont comprises entre $10^{-0,565}$ et $10^{-2,367}$, avec la valeur la plus basse pour 5N. Mamatha et Balavenkatasubbaiah (2008) ont calculé les valeurs CL50 pour 5N et CSR2 et montré que 5N est plus tolérante à BmIFV. Parmi les lignées sélectionnées, 96E s'avère la plus tolérante avec 35 % de nymphose à la concentration la plus élevée de BmIFV (dilution de $1 \times 10^{-1,5}$ / ml) dans la catégorie polyvoltine et 5N, 61N dans la catégorie des lignées bivoltines avec un taux de nymphose de respectivement 83,34 % et de 80,52 %, ce qui indique leur flexibilité génétique par rapport à la charge en pathogènes. Les études antérieures d'Aratake (1973) et de Liu Shi Xian (1984) ont observé une différence de sensibilité des lignées / des hybrides japonais et chinois à différents pathogènes y compris à BmIFV. Il y a de nombreuses variétés ou de souches du ver à soie en Inde dont la constitution génétique est homozygote et il faudrait l'étudier intensément pour déterminer les fondements de la résistance génétique aux maladies virales (Hemanth Kumar et coll., 2006). Les matériaux génétiques qui ont une forte résistance à la maladie peuvent servir de base importante pour sélectionner des variétés résistantes aux maladies. Les génotypes avec le gène de la résistance à la maladie ont toujours une meilleure chance de survivre dans un environnement chargé en pathogènes. Il y a eu des essais antérieurs pour sélectionner des vers à soie résistants à BmNPV, BmCPV et BmIFV par l'application d'une pression de sélection aux virus respectifs (Uzigawa et Aruga, 1966 ; Watanabe, 1967 ; Funada, 1968 et Aratake, 1974). Des études antérieures de Watanabe (1986) ont indiqué que BmIFV est contrôlé par des polygènes.

Mais dans certaines conditions de sélection, la sélection de variétés résistantes à BmIFV est possible en raison de l'accumulation de gènes à micro effet et de sa nature héréditaire importante pendant les générations suivantes (Sivaprasad et coll., 2005). D'après le Tableau III, on peut observer, que les lignées comme BL65, BL69, B218, B210 qui présentent une survie moins élevée avec une concentration élevée ($1 \times 10^{-1,5}$) de BmIFV ne résistent pas à une dose élevée de BmIFV et leur flexibilité génétique par rapport à la charge en pathogène est limitée. L'augmentation du niveau de tolérance à BmIFV chez les lignées sélectionnées, 96E, 61N et 5N jusqu'au niveau seuil, avec des caractères productifs égaux à ceux de la lignée originale est réussie dans cette étude. Avec l'augmentation progressive de la charge en pathogènes (Tableau III), il est possible d'améliorer le niveau de tolérance chez certaines lignées et elles atteignent un palier. Aizawa et coll., (1961) ont obtenu des résultats similaires lorsqu'ils ont mis au point une souche de ver à soie résistante à l'induction du virus grâce à la sélection pendant 13 générations. Uzigawa et Aruga (1966), Funada (1968) et Arakate (1974) ont essayé de sélectionner un ver à soie résistant à l'infestation IFV par l'exposition répétée au virus et ils ont réussi à obtenir une souche résistante après plusieurs générations.

On conclut donc que les souches 96E, 5N et 61N identifiées pourraient être facilement utilisées comme ressources pour la sélection dans de futurs programmes de recherche pour mettre au point des lignées tolérantes / résistantes à BmIFV et identifier différentes combinaisons d'hybrides.

EVALUATION OF THE EFFICACY OF BIO-CONTROL AGENTS OF THE UZI FLY, *EXORISTA BOMBYCIS* (LOUIS) TO MINIMIZE THE INFESTATION OF UZI FLY IN THE FIELD

G. VEERANNA* & M. R. NIRMALA

Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Thalaghattapura,
Bangalore – 560 062, India.

Efficacy of parasitoids, Nesolynx thymus (Girault), Exoristobia philippinensis Ashmead and Trichopria sp. was evaluated by inundative releases of individual and combination of two species in the identified sericulture villages separately to minimize the infestation of uzi fly to silkworm, Bombyx mori L. which causes a sizeable damage to sericulture industry in south India. Results indicated that percentage of reduction of infestation of uzi fly was significant ($P < 0.001$) in all the parasitoids released sericulture villages compared to control. However, the percentage of reduction of infestation was recorded highest (70.64%) in the multiple species released village during 2003 compared to single species. Among the single species, the percentage of reduction of uzi fly infestation was recorded highest (65.46%) in Trichopria sp. released village during 2003. Though the infestation of uzi fly is usually low during summer, the percentage of reduction of infestation was highest in that season irrespective of species release followed by winter and rainy seasons. Similarly, the recovery of parasitoids was significantly highest in multiple species released village compared to single species.

Keywords: *Exorista bombycis*, bio-control agents, efficacy, release of parasitoids, recovery.

INTRODUCTION

The tachinid fly, *Exorista bombycis* (Louis) (Diptera: Tachinidae) commonly called uzi fly is a serious endoparasitoid of silkworm, *Bombyx mori* L. causing sizeable damage (10-15%) to sericulture crops since its introduction to south India (Karnataka state) from West Bengal during 1980 through seed cocoons (Jolly, 1981). During the initial stage of its introduction, the damage caused by this fly was as high as 40% and some of the sericulturists harvested silkworm cocoons as low as 5 to 10 kgs instead of 40 kgs for 100 dfls normally during that time (Anonymous, 1982). Even though, several methods have been recommended to contain the pest, the damage caused by this fly is more than acceptable injury level. Keeping this in view, we have taken up the study on biological control of uzi fly and identified as many as 10 parasitoids of uzi fly belonging to order: Hymenoptera of different family (Veeranna *et al.*, 1987a, b., Veeranna and Jyothi, 1988, Veeranna and Nirmala, 1992, Veeranna and Jyothi, 1994). Laboratory results of these parasitoids on beneficial attributes to determine the potential parasitoids indicated that *Nesolynx thymus* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae), *Exoristobia philippinensis* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Trichopria* sp., (Hymenoptera: Diapriidae) were found to be effective parasitoids individually and combination of two species (Jyothi *et al.*, 1993). In the present investigation, efforts were made to release these parasitoids individually

* To whom correspondence should be addressed (E-mail: dr_gveeranna@rediffmail.com)

and in combination of two species to determine their efficacy in minimizing the uzi fly infestation in the identified sericulture villages compared to control in the existing conditions.

MATERIALS AND METHODS

Insects culture:

Host insect:

Uzi fly pupae were maintained in the laboratory as host material to culture bio-control agents, which were collected in the form of maggot / early pupal stages from cocoon markets. These maggots were allowed to pupate in enamel tray containing sand. Two to four day old pupae were used for mass multiplication of biocontrol agents of uzi fly. Nuclear cultures of these parasitoids were maintained separately in the laboratory throughout the investigation period.

Mass culture:

The potential parasitoids of uzi fly were cultured according to the requirement to release them in the identified sericultural villages / silkworm rearings as per the schedule of release. 50- 60 female adults of each parasitoid along with equal number of males of these insects were allowed species wise separately into 1 ltr capacity conical flask containing 200 host pupae of 2-4 days old for parasitisation at room temperature and relative humidity ($26 \pm 2^\circ \text{C}$ & $65 \pm 5\%$). These parasitoids were provided with mixture of honey and sucrose solution as diet. After emergence of uzi flies from the uninfested pupae, all the infested pupae were pooled species-wise separately in 10 ltr capacity plastic containers for emergence of adults. After emergence of bio-control agents, they were provided with mixture of honey and sucrose (1:1) as diet.

Identification of villages for release:

For releasing parasitoids of uzi fly, the sericultural villages of more or less same silkworm brushing capacity with identical agro-climatic zone were identified in Kanakapura taluk of Bangalore district, Karnataka state, India where commercial rearing of silkworms was conducted indoors as per the methods of Krishnaswamy (1978) and Shekrappa *et al.*, (1997). The bio-control agents, *N. thymus*, *E. philippinensis* and *Trichopria* sp. were released in all silkworm rearings separately in the identified villages namely, Thoppaganalli, Doddalmanalli, Vaddaradoddi and also combination of *E. philippinensis* and *Trichopria* sp. were released in Jakkasandra respectively (fig 1-4). A control (without release of parasitoids) village was also provided for comparison to determine the efficacy of single species and multiple species releases in minimizing the uzi fly infestation with control.

Release of parasitoids:

These (2-3 days old) adult parasitoids were released individually and in combinations in the identified villages separately at the rate of 30 000 for 100 dfls (Av. 500 larvae / dfls) brushing during 4th, 5th instar and after harvesting @20, 20 and 60% in and around the silkworm rearing houses. Inundative releases were made continuously for a period of three years.

Collection of data:

Data were collected on the rate of uzi fly infestation in the parasitoids released and control rearings (without release of parasitoids) by random sampling method from 3rd instars onwards till spinning once in each instar. 100 larvae were collected randomly from rearing tray / rearing shelf. Infestation of silkworm was considered as the presence of uzi fly eggs and scar on the silkworm larvae. Percentage of reduction of infestation was calculated with control. Data were analysed for rainy (July-October), winter (November-February) and summer (March to June) seasons.

Recovery of parasitoids:

To determine the establishment / presence of parasitoids in the released villages, 100 host pupae of 2 days old were placed in small wire mesh cages and hanged at about 60 cm height inside and outside the rearing houses. These cages along with pupae were brought to the laboratory after 6-8 days. The emergence of adults was recorded from the host pupae and the percentage of infestation was calculated.

The temperature and relative humidity was recorded in the operation areas during 2000-2003. On average, the temperature and humidity during rainy winter and summer seasons were recorded and were $26.38 \pm 0.72^\circ \text{C}$, $27.52 \pm 0.24^\circ \text{C}$ and $31.03 \pm 0.66^\circ \text{C}$ and $88.17 \pm 1.38\%$, $84.45 \pm 2.51\%$ and 78.52 ± 3.76 respectively. The collected data on the rate of uzi fly infestation from the control village (without release of parasitoids), the individual and multiple species released villages were analyses statistically using student "T" test for comparison with control. The P value lower than 0.05 was considered as significant.

RESULTS AND DISCUSSION

The uzi fly infestation to silkworm, *B. mori* L. during different months and seasons of the years, 2001-2003 was evaluated by releasing individual species of uzi fly parasitoids namely, *Trichopria* sp., *E. philippinensis* and *N. thymus* and a combination of *Trichopria* sp. and *E. philippinensis* in respective villages to determine the efficacy of individual species in minimizing uzi fly infestation (Table I & figs 1-4). The reduction of infestation was significantly high (65.46%) during 2003 in the *Trichopria* sp. released village and it was least (29.93%) in 2001. Similarly, the infestation reduction of uzi fly in the *N. thymus* released village was significantly high (62%) during 2003, whereas it was least (36.72%) in 2001 compared to control. Likewise, the reduction of infestation of uzi fly in *E. philippinensis* released village was highest (58.46%) during 2003 compared to control. In multiple species (*Trichopria* sp. and *E. philippinensis*) released village, infestation reduction during 2003 was highest (70.64%) compared to control (Table I). It is evident that the infestation reduction was increased from 2001-2003 in all the released villages which may be due to the effect of inundative release of parasitoids. However, the multiple parasitoids release is found to be more effective compared to single species release.

Further, the uzi fly infestation was analysed during rainy, winter and summer seasons of 2001-2003 to determine the efficacy of these parasitoids in containing the uzi fly menace in respective villages (figures 1-3). The highest (71.47%) reduction of infestation of uzi fly was recorded in 2000 during summer season in multiple species released village and it was least (19.45%) in winter of same year in *Trichopria* sp. released village (Fig. 1). Similarly, the highest (67.86%) percentage of infestation reduction was observed in winter season of 2002 in multiple species released village, whereas it was least (29.97%) in *N. thymus* released area during rainy season (Fig. 2). Likewise, the highest (85.34%) infestation reduction was recorded in *Trichopria* sp. released village in summer of 2003, while it was least (55.20%) in *N. thymus* released village in winter (Fig. 3). It is clearly shown that the percentage of reduction of infestation of uzi fly was recorded highest in 2003 during all the seasons in parasitoids released villages followed by 2002 and 2001 (Figs 1-3). It was found from the results that the maximum percentage reduction of uzi fly infestation was recorded during the summer season followed by winter and rainy seasons which coincides with the infestation of uzi fly in control village during different seasons of the year. However, the percentage of reduction of infestation was observed highest in multiple species released villages during different seasons compared to single species released areas. It might be due to parasitisation of each species individually because of functional behaviour.

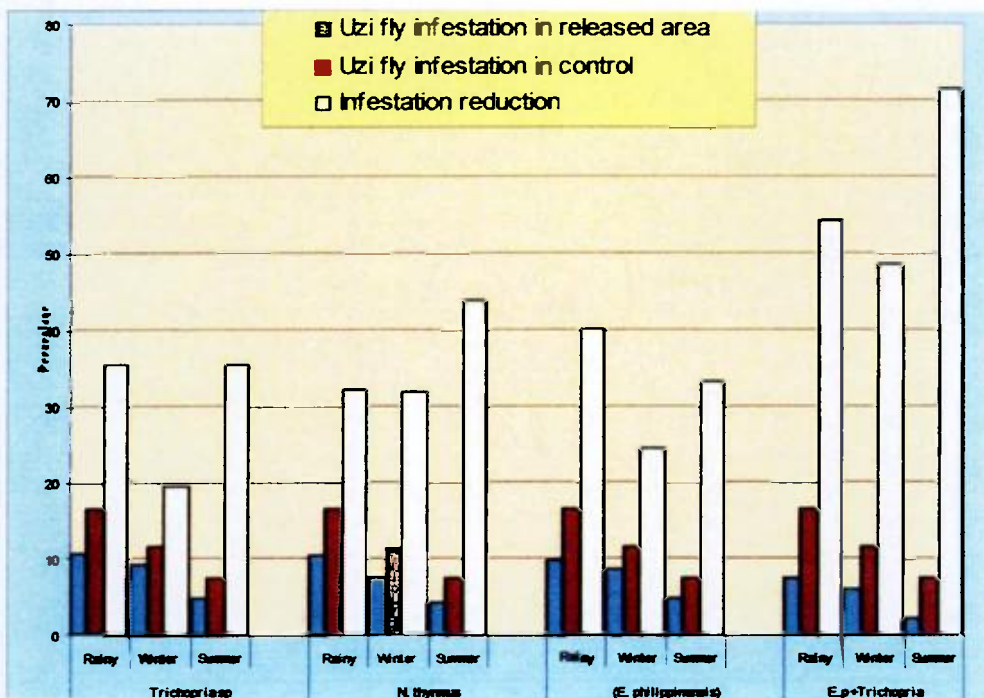


Fig. 1. Efficacy of single and multiple parasitoids release on uzi fly infestation 2000-2001.

Fig. 1. Efficacité du lâchage de parasites individuels et multiples par rapport à l'infestation par la mouche uzi en 2000-2001.

Uzi fly infestation in released area / Infestation par la mouche uzi dans la zone de lâchage.

Uzi fly infestation in control / Infestation par la mouche uzi chez le témoin.

Infestation reduction / Diminution de l'infestation.

The average percentage of reduction of infestation during different seasons of 2000-2003 was varied (fig. 4). It was highest (58.30% and 53.03%) in summer season in *Trichopria* sp. and *N. thymus* released villages compared to other seasons (Fig. 4). Similarly, the average infestation of uzi fly recorded in *E. philippinensis* released village was slightly higher (47.76%) during rainy season compared to summer (46.52%), whereas it was 41.72% in winter compared to control (Fig. 4). In multiple species released also, the highest percentage of reduction was found highest in summer (69.73%) followed by winter (63%) and rainy seasons (55.94%) compared to control (Fig. 4). Based on the average of three years data, the percentage of reduction of infestation in individual and multiple species released areas was highest during summer season followed by winter and rainy seasons except for *E. philippinensis* released area.

The integration of *N. thymus* and Uzicide, a chemical liquid formulation which acts as an ovicide has been reported. *N. thymus* alone was tested separately in the identified villages to minimize the uzi fly infestation. The results showed that the maximum percentage of infestation reduction (87.43%) was recorded in the *N. thymus* and Uzicide treated village, while it was least (27.45%) in only *N. thymus* released village compared to control (Veeranna, 1999).

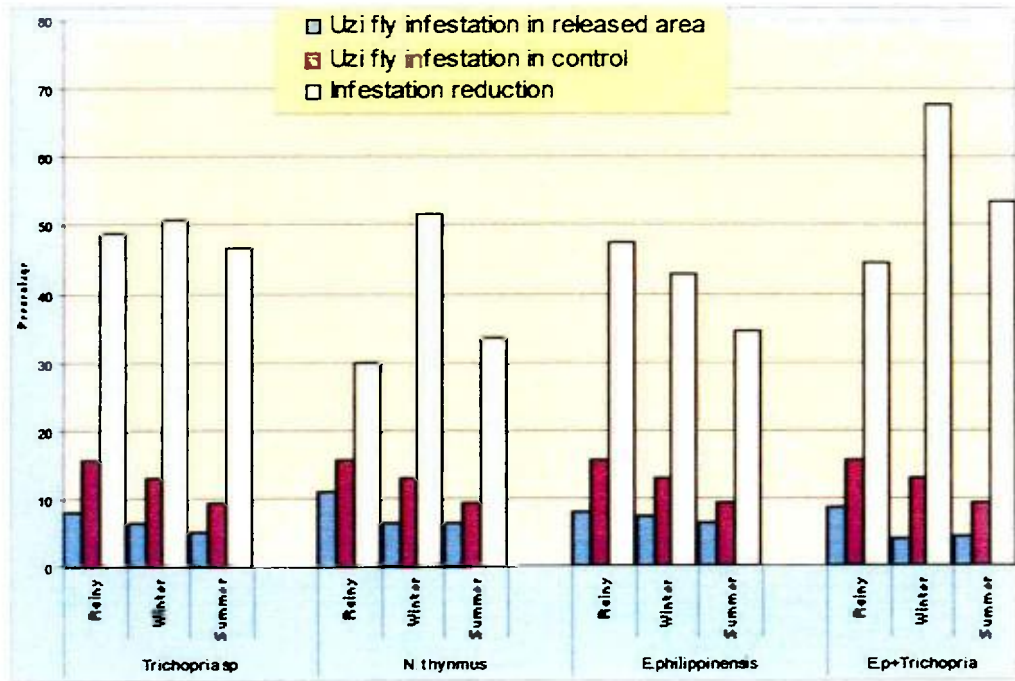


Fig. 2. Efficacy of single and multiple parasitoids release on uzi fly infestation 2001-2002.

Fig. 2. Efficacité du lâchage de parasitoïdes individuels et multiples par rapport à l'infestation par la mouche uzi en 2001-2002.

Uzi fly infestation in released area / Infestation par la mouche uzi dans la zone de lâchage.

Uzi fly infestation in control / Infestation par la mouche uzi chez le témoin.

Infestation reduction / Diminution de l'infestation.

Similarly, Balkrishnan *et al.*, (2004) have evaluated the efficacy of *Chrysoperla carnea* (Stephens) in combination with bio-pesticides Ha NPV and *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki against *Helicoverpa armigera* (Hubner) on cotton under rainfed condition which indicated that the lowest infestation of *H. armigera* was found in the combination of *C. carnea* and biopesticide treated plots compared to control as has been observed in our present investigation that in multiple species released village, the percent reduction of uzi fly infestation was highest. Similar results were obtained with integration of uzicide and *N. thymus* by Pradip Kumar *et al.*, (1993) who tested this method in different agroclimatic condition of Karnataka. The reduction in percentage of infestation of these parasitoids of uzi fly are in accordance with the earlier reports. The parasitoid, *Trichogramma* species such as *T. pretiosum* Riley and *T. brasiliense* Ashmead minimized the infestation of *Helicoverpa armigera* (Hubner) a pest on tomato (Permindar kumar *et al.*, 2004). Similar observations were also made on different strains of *T. chilonis* Ishii in the field to suppress the sugarcane early shoot borer, *Chilo infuscatellus* Snellen (Bhat *et al.*, 2004, Shenmar *et al.*, 2005, Satnam Singh *et al.*, 2007). However, in the present investigation, the percentage of reduction of uzi fly infestation during summer

seasons of different years in all the species was higher than during other seasons compared to control. Even in control village also, the rate of uzi fly infestation was low during summer season compared to other seasons, because population of uzi fly was thin in the field due to high temperature (Siddappaji, 1990).

Table I. Infestation of uzi fly in biocontrol agents released villages.

Tableau I. Infestation par la mouche uzi dans les villages où des agents de lutte biologique ont été lâchés.

| Village & name of parasitoid | Year | Brushing of silkworms | Release of biocontrol agents ($\times 10^5$) | Uzi fly infestation in released village (%) | Infestation in control (%) | % reduction |
|---|--------------|------------------------------|--|---|---------------------------------------|------------------------|
| <i>Village et nom du parasitoïde</i> | <i>Année</i> | <i>Levée des vers à soie</i> | <i>Lâchage d'agents de lutte biologique ($\times 10^5$)</i> | <i>Infestation par la mouche uzi dans le village de lâchage (%)</i> | <i>Infestation chez le témoin (%)</i> | <i>% de diminution</i> |
| Vaddaradoddi <i>Trichopria</i> sp. | 2000 - 2001 | 7615 \pm 100.3 | 24.97 \pm 100.3 | 6.43 \pm 0.92 | 12.05 \pm 1.20 | 29.93 \pm 3.86 |
| | 2001 - 2002 | 2800 \pm 64.19 | 7.85 \pm 0.21 | 6.43 \pm 0.64 | 13.15 \pm 1.13 | 51.1 \pm 2.60 |
| | 2002 - 2003 | 4665 \pm 46.29 | 12.05 \pm 0.13 | 4.17 \pm 0.74 | 11.31 \pm 1.02 | 65.46 \pm 5.07 |
| Thoppaganalli <i>N. thymus</i> | 2000 - 2001 | 6775 \pm 121.21 | 19.42 \pm 0.36 | 7.70 \pm 0.88 | 12.05 \pm 1.20 | 36.72 \pm 2.73 |
| | 2001 - 2002 | 325 \pm 68.54 | 13.00 \pm 0.49 | 7.76 \pm 1.46 | 13.15 \pm 1.13 | 40.49 \pm 8.83 |
| | 2002 - 2003 | 6035 \pm 67.61 | 20.35 \pm 0.49 | 4.66 \pm 0.69 | 1.31 \pm 1.08 | 62.00 \pm 4.95 |
| Doddalmanalli <i>E. philippinensis</i> | 2000 - 2001 | 3700 \pm 36.31 | 12.26 \pm 0.13 | 7.98 \pm 0.83 | 12.05 \pm 1.20 | 33.22 \pm 3.49 |
| | 2001 - 2002 | 2125 \pm 78.02 | 6.20 \pm 0.14 | 7.42 \pm 0.51 | 13.15 \pm 1.04 | 42.84 \pm 2.21 |
| | 2002 - 2003 | 3215 \pm 33.92 | 15.77 \pm 0.39 | 4.93 \pm 0.66 | 11.31 \pm 1.08 | 58.46 \pm 4.82 |
| | 2002 - 2003 | 3215 \pm 33.92 | 15.77 \pm 0.39 | 4.93 \pm 0.66 | 11.31 \pm 1.08 | 58.46 \pm 4.82 |
| Jakkasandra <i>Trichopria</i> sp + <i>E. philippinensis</i> (in combination) (en combinaison) | 2000 - 2001 | 3265 \pm 49.46 | 10.00 \pm 0.15 | 5.39 \pm 0.76 | 12.05 \pm 1.20 | 57.19 \pm 3.43 |
| | 2001 - 2002 | 2600 \pm 36.77 | 6.45 \pm 0.16 | 6.01 \pm 0.93 | 13.15 \pm 1.04 | 59.39 \pm 5.50 |
| | 2002 - 2003 | 4125 \pm 53.62 | 21.55 \pm 0.29 | 3.41 \pm 0.40 | 11.31 \pm 1.09 | 70.64 \pm 1.47 |

The recovery of the parasitoids from the respective villages was made to determine the establishment / presence of the parasitoids in the released areas. The highest recovery 85.50% was observed in Doddalmanalli village where *E. philippinensis* was released, whereas it was least (77.67%) in *N. thymus* released village and it was 83.56% in Voddaradoddi where *Trichopria* sp. was released. However, the recovery of combined parasitoids released village (*Trichopria* sp. and *E. philippinensis*) was 68.75% for *E. philippinensis* and 63.45% for *Trichopria* sp. (Table II).

Table II. Recovery of uzi fly parasitoids from the released villages.

Tableau II. Présence de parasitoïdes de la mouche uzi dans les villages.

| Name of the village | <i>N. thymus</i> (%) | <i>E. philippinensis</i> (%) | <i>Trichopria</i> sp. (%) |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|
| <i>Nom du village</i> | | | |
| Jakkasandra | --- | 55-89 (68.75) | 40-80 (63.45) |
| Voddaradoddi | --- | --- | 76-93 (83.56) |
| Doddalmanalli | --- | 80-90 (85.80) | --- |
| Thoppaganalli | 62-90 (77.67) | --- | --- |

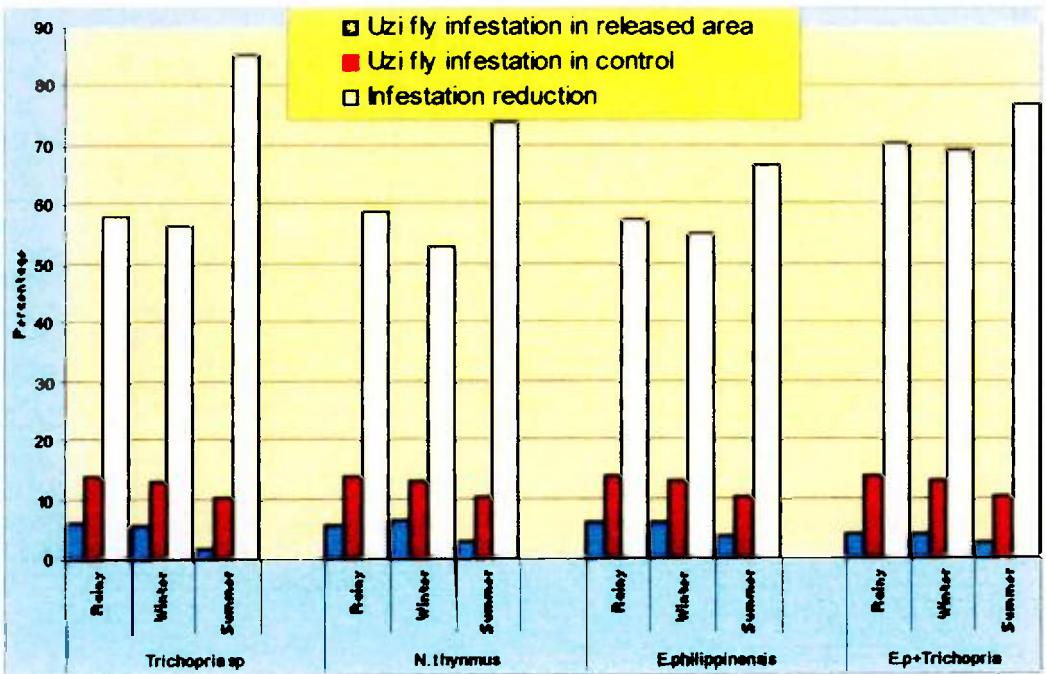


Fig. 3. Efficacy of single and multiple parasitoids release on uzi fly infestation 2002-2003.

Fig. 3. Efficacité du lâchage de parasitoïdes individuels et multiples par rapport à l'infestation par la mouche uzi en 2002-2003.

Uzi fly infestation in released area / Infestation par la mouche uzi dans la zone de lâchage.

Uzi fly infestation in control / Infestation par la mouche uzi chez le témoin.

Infestation reduction / Diminution de l'infestation.

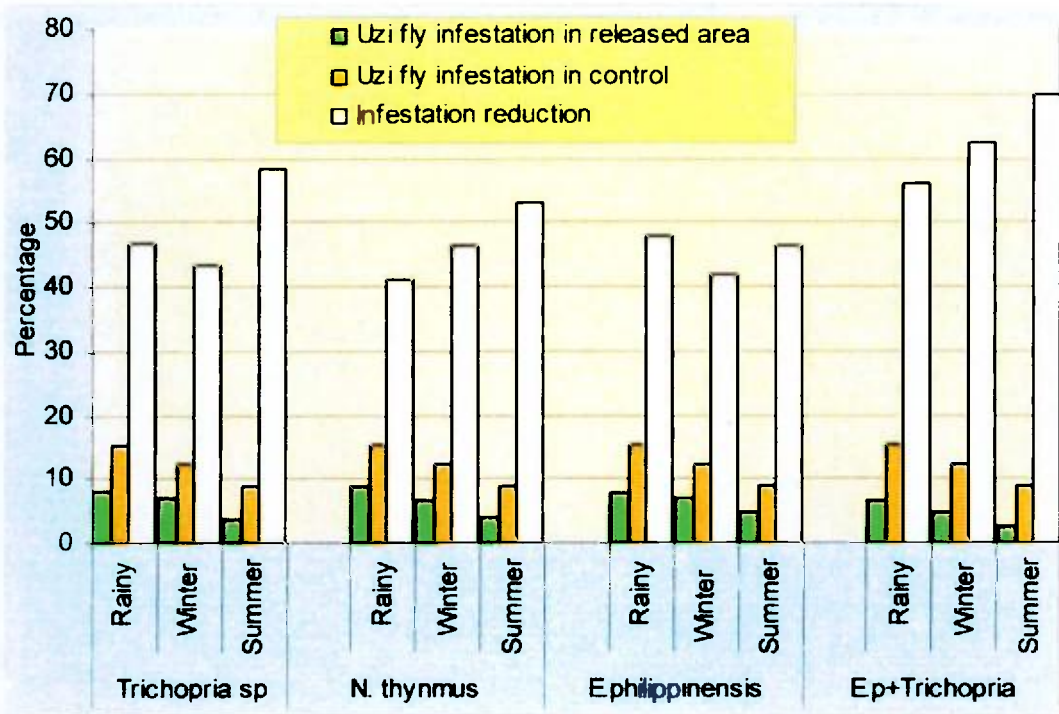


Fig. 4. Efficacy of single and multiple parasitoids release on uzi fly infestation 2000-2003.

Fig. 4. Efficacité du lâchage de parasitoïdes individuels et multiples par rapport à l'infestation par la mouche uzi en 2000-2003.

Uzi fly infestation in released area / Infestation par la mouche uzi dans la zone de lâchage.
 Uzi fly infestation in control / Infestation par la mouche uzi chez le témoin.
 Infestation reduction / Diminution de l'infestation.

It is reported that Rawatt and Pawar (1991) recovery studies carried out during 1987, 1988 and 1989 revealed that none of the *Trichogramma* sp. could parasitise pomegranate butterfly eggs till June, 1989. However, first recovery of parasitoid, *T. chilonis* up to 72.30% was made in the month of July 1989. The recovery percentage of *Trichogramma* sp. varied in different localities of Himachal Pradesh. In the present study, the recovery of the parasitoids of uzi fly was found in all the three species in different villages, but highest percent recovery was recorded in the village where a combination of two species was released. When *Chrysoperla carnea* was released for containing *Helicoverpa armigera*, pest on cotton more number of *C. carnea* were recovered from released plots compared to unreleased plots (Balkrishnan *et al.*, 2004) which is in accordance with the present results. The percentage of recovery was found to be highest in villages where a combination of two species was released because of the fact that these parasitoids infest individually and there is no multiple, super and clepto-parasitism observed in these species (Jyothi *et al.*, 1993).

In the light of the above results, it is suggested that the release of multiple species of these parasitoids is better to minimize the infestation of uzi fly in different seasons, though significant reduction of infestation was observed with individual species compared to control. The recovery of

bio-control agents from the released villages after this program clearly indicates the successful establishment of respective bio-control agent which depicts the significant response of these parasitoids in minimizing the uzi fly infestation in the areas where they were released compared to control.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are grateful to the Director and Divisional Chief of Sericulture for their encouragement and Dr E. Muniraju, S. B. is thankfully acknowledged for his assistance in carrying out the statistical analysis of data.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1982) Workshop on uzi-fly Proceedings, CSR&TI, Mysore, 11.
- BHAT B. N., RAMPRASAD S., MATHIVANAM N. & SRINIVASAN K. (2004) Management of soil borne diseases and insect pests with bioagents – a case study, *Progressive Agriculture*, 4, 38-40.
- BALKRISHNAN N., MURALI BASKARAN & MAHADEVAN N. R. (2004) Field efficacy of *Chrysoperla carnea* (Stephens) in combination with biopesticides against *Helicoverpa armigera* (Hubner) on cotton under rain fed condition. *J. Biol. Control*. 18, 147-153.
- JOLLY M. S. (1981) Uzi fly – its identification, prevention and control. CSR&TI Bulletin No. 4, 1-7.
- JYOTHI H. K., VEERANNA G., NIRMALA M. R. & GEETHA BALI (1993) Relative efficacy of the parasitoids of uzi fly as bio-control agents in "Recent advances in uzi fly research" Ed. G. P ChannaBasavanna, G. Veeranna and S. B. Dandin. 107-115.
- KRISHNASWAMY S. (1978) New Technology of silkworm rearing. CSR&TI Bulletin No. 2, Mysore.
- PERMINDER KUMAR, SHENHMAR M. & BRAR K. S. (2004) Field evaluation of Trichogrammatids for the control of *Helicoverpa armigera* (Hubner) on tomato. *J. Biol. Control* 18, 45-50.
- PRADIPKUMAR, MANJUNATH D., SATHYA PRASAD, K., RAMAKISHORE, VINOD KUMAR & DATTA R. K. (1993) Integrated management of the uzi fly, *Exorista bombycis* (Louis) (Diptera: Tachinidae) a parasitoid of silkworm, *Bombyx mori* L. *Int. J. Pest Management*, 39(4) 445-448.
- RAWAT U. S. & PAWAR A. U. (1991) Bio-control of tomato fruit borer, *Heliothis armigera* in H. P., India, *Plant Protection Bulletin*, 45, 173-211.
- SATNAM SINGH, SHENHMAR, M & BRAR K. S. (2007) Evaluation of different strains of *Trichogramma chilonis* Ishii for the suppression of early shoot borer, *Chilo infuscatellus* Snellen. *J. Biol. Control* 21, 247-253.
- SHEKRAPPA B. M., GURURAJ C. S., RAGHURAMAN R. & DANDIN S. B. (1997) Shoot feeding for late age silkworms. KSSR&DI. Publ., Bangalore -62.
- SHENHMAR M., BRAR K. S. & SINGH J. (2005) Advances in biocontrol of sugarcane borer in Punjab, 155-64. In "Goel, S. C. (Ed) *Advances in Indian Entomology: Productivity and Health*. U. P. Zoological Society, Muzaffernagar, UP.
- SIDDPPAJI C. & CHANNABASAVANNA G. P. (1990) The Indian uzi fly, *E. bombycis*, a parasitoid of mulberry silkworm. *Indian J. of Seri.* 29, 119-137.
- VEERANNA G. (1999) Integrated approach for the management of the uzi fly, *Exorista bombycis* (Louis), a pest of silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia* 39(2), 183-188.
- VEERANNA G., NIRMALA M. R. & MAHADEVAPPA D. (1987a) Record of a new hyperparasite *Trichopria* sp. (Hymenoptera: Diapriidae) of *Tricholyga bombycis* Beck (Diptera: Tachinidae), a larval parasite of *Bombyx mori* L. *Curr. Sci.* 56, 1031-32.

- VEERANNA G., NIRMALA M. R. & MAHADEVAPPA D. (1987b) Record of a new parasite *Exoristobia philippinensis* (Hymenoptera: Encyrtidae) of *Tricholyga bombycis* Beck (Diptera: Tachinidae) a larval parasite of *Bombyx mori* L. *Sericologia* 28, 227-229.
- VEERANNA G. & JYOTHI H. K. (1988) Record of a new hymenopteran parasitoid of *Tricholyga bombycis* Beck (Diptera: Tachinidae). *Curr. Sci.* 57, 1137-38.
- VEERANNA G., NIRMALA M. R. (1992) *Spalangi endius* Walker (Pteromalidae) – A new parasitoid of *Exorista sorbillans* Wiedemann (Tachinidae). *J. Biol. Cont.* 6, 93-96.
- VEERANNA G. & JYOTHI H. K. (1994) Life table studies on *Pachycrepoideus veerannai* Narendran and Anil. A chalcid (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitoid of *Exorista sorbillans* Wiedemann (Diptera: Tachinidae). *Entomon.* 19, 1-5.

EVALUATION DE L'EFFICACITE D'AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LA MOUCHE UZI, *EXORISTA BOMBYCIS* (LOUIS) POUR MINIMISER L'INFESTATION SUR LE TERRAIN

G. VEERANNA* & M. R. NIRMALA

Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore – 560 062, Inde.

On a évalué l'efficacité des parasitoïdes, *Nesolynx thymus* (Girault), *Exoristobia philippinensis* Ashmead et *Trichopria* sp. par des lâchages en masse individuels ou en combinaison de deux espèces dans les villages séricicoles identifiés pour minimiser l'infestation par la mouche uzi chez le ver à soie, *Bombyx mori* L. qui provoque des dégâts assez importants pour l'industrie séricicole dans le sud de l'Inde. Les résultats indiquent que le pourcentage de diminution de l'infestation par la mouche uzi est significatif ($P < 0,001$) dans tous les villages séricicoles où les parasitoïdes sont lâchés par comparaison au témoin. Cependant, on enregistre le pourcentage de diminution de l'infestation le plus important en 2003 (70,64 %) dans les villages où on lâche des espèces multiples, par comparaison au lâchage d'une espèce unique. Parmi les espèces uniques, on enregistre le pourcentage de diminution de l'infestation par la mouche uzi le plus élevé (65,46 %) dans le village où on lâche *Trichopria* en 2003. Bien que l'infestation par la mouche uzi soit en général faible pendant l'été, le pourcentage de diminution de l'infestation est le plus élevé pendant cette saison, quelles que soient les espèces lâchées, suivie par les saisons de l'hiver et des pluies. De même, on enregistre significativement plus de parasitoïdes dans les villages où on lâche des espèces multiples que lorsqu'on lâche une espèce unique.

INTRODUCTION

La mouche tachinaire, *Exorista bombycis* (Louis) (Diptère : Tachinidés) appelée couramment mouche uzi est un endoparasitoïde important du ver à soie, *Bombyx mori* L. provoquant des dégâts assez importants (10 à 15 %) pour les récoltes séricicoles depuis son introduction dans le sud de l'Inde (Etat du Karnataka) par des cocons de grainage provenant du Bengale occidental en 1980 (Jolly, 1981). Pendant le stade initial de son introduction, les dégâts provoqués par cette mouche allaient jusqu'à 40 % et certains sériciculteurs ne récoltaient que 5 à 10 kg au lieu de normalement 40 kg pour 100 pontes saines à cette période (Anonyme, 1982). Bien que plusieurs méthodes aient été recommandées pour contenir l'insecte nuisible, les dégâts provoqués par cette mouche sont supérieurs au niveau de préjudices acceptables. Compte tenu de cela, nous avons entrepris cette étude sur la lutte biologique contre la mouche uzi et identifié jusqu'à 10 parasitoïdes de la mouche uzi qui appartiennent à l'ordre des Hyménoptères de différentes familles (Veeranna et coll., 1987a, b, Veeranna et Jyothi, 1988, Veeranna et Nirmala, 1992, Veeranna et Jyothi, 1994). Les résultats en laboratoire sur les caractéristiques bénéfiques des parasitoïdes montrent que *Nesolynx thymus* (Girault) (Hyménoptère : Eulophiés), *Exoristobia philippinensis* Ashmead (Hyménoptère : Encyrtidés) et *Trichopria* sp. (Hyménoptère : Diapridés) sont des parasitoïdes efficaces utilisés individuellement ou en combinant deux espèces (Jyothi et coll., 1993). Dans cette étude, des efforts ont été entrepris pour lâcher ces

* Auteur auquel adresser la correspondance (Email : dr_gveeranna@rediffmail.com)

parasitoïdes de manière individuelle et en combinant deux espèces pour évaluer leur efficacité dans la minimisation de l'infestation par la mouche uzi dans les villages séricicoles identifiés, par comparaison au témoin dans les conditions existantes.

MATERIELS ET METHODES

Elevage des insectes :

Insectes hôtes :

On maintient les pupes de la mouche uzi (que l'on recueille sous forme d'asticot / de pupes précoces sur les marchés aux cocons) en laboratoire comme matériel hôte des agents de lutte biologiques cultivés. On laisse ces asticot se transformer en pupes dans des claies en émail contenant du sable. On utilise des pupes de deux à quatre jours pour la multiplication en masse des agents de lutte biologique contre la mouche uzi. On maintient des élevages nucléaires de ces parasitoïdes séparément en laboratoire pendant toute la période d'étude.

Culture en masse :

On élève les parasitoïdes potentiels de la mouche uzi selon les besoins de lâchage dans les villages séricicoles / les élevages de vers à soie identifiés d'après le programme de lâchage. On laisse 50 à 60 femelles adultes et le même nombre de mâles de chaque parasitoïde séparément pour chaque espèce dans des bocaux coniques d'1 litre contenant 200 pupes hôtes de 2 à 4 jours pour les parasiter à température ambiante de $26 \pm 2^\circ \text{C}$ et avec une humidité relative de $65 \pm 5\%$. On alimente ces parasitoïdes avec un mélange de miel et de solution de saccharose. Après l'émergence des mouches uzi sur les pupes non infestées, on regroupe toute les pupes infestées séparément en fonction des espèces dans des récipients en plastique d'une capacité de 10 litres pour l'émergence des adultes. Après l'émergence des agents de lutte biologique, on les nourrit avec un mélange de miel et de saccharose (1 : 1).

Identification des villages de lâchage :

Pour lâcher les parasitoïdes de la mouche uzi, on identifie les villages séricicoles avec plus ou moins la même capacité de levée et de la même zone agro-climatique dans le taluk de Kanakapura, de la zone de Bangalore, dans l'Etat du Karnataka, en Inde où on procède à l'élevage commercial des vers à soie à l'intérieur d'après les méthodes de Krishnaswamy (1978) et de Shekrappa et coll., (1997). On libère les agents de lutte biologique *N. thymus*, *E. philippinensis* et *Trichopria* sp. séparément dans tous les élevages de ver à soie dans les villages identifiés, à savoir Thoppaganalli, Doddalmanali, Vaddaradoddi et on lâche aussi une combinaison d'*E. philippinensis* et de *Trichopria* sp. à Jakkasandra (figs 1-4). On maintient aussi un village témoin (sans lâchage de parasitoïdes) à titre de comparaison pour déterminer l'efficacité de lâchage d'une espèce unique ou d'espèces multiples dans la minimisation de l'infestation par la mouche uzi par rapport au témoin.

Lâchage des parasitoïdes :

On lâche séparément ces parasitoïdes (de 2 à 3 jours) individuellement et en combinaison dans les villages identifiés au taux de 30 000 pour la levée de 100 pontes saines (moyenne de 500 larves / ponte saine) pendant le 4^{ème}, le 5^{ème} âge et après la récolte à raison de 20, 20 et 60 % dans et autour des magnaneries. On procède à des lâchages en masse de manière continue pendant une période de trois ans.

Recueil des données :

On recueille les données sur le taux d'infestation par la mouche uzi dans les élevages où on lâche les parasitoïdes et dans les élevages témoins (sans lâchage de parasitoïdes) par une méthode

d'échantillonnage aléatoire à partir du 3^{ème} âge jusqu'au filage une fois pendant chaque âge. On recueille 100 larves de manière aléatoire dans les claies / les étagères d'élevage. On considère que le ver à soie est infesté si des œufs de la mouche uzi et des cicatrices sont présents sur les larves de ver à soie. On calcule le pourcentage de diminution de l'infestation par rapport au témoin. On analyse les données pour les saisons des pluies (juillet – octobre), d'hiver (novembre – février) et d'été (mars à juin).

Recueil des parasitoïdes :

Pour déterminer l'établissement / la présence des parasitoïdes dans les villages où on les a lâchés, on place 100 pupes hôtes de 2 jours dans de petites cages en grillage et on les suspend à environ 60 cm de hauteur à l'intérieur et à l'extérieur des magnaneries. On ramène ces cages avec les chrysalides au laboratoire au bout de 6 à 8 jours. On enregistre l'émergence des adultes sur les pupes hôtes et on calcule le pourcentage d'infestation.

On enregistre la température et l'humidité relative dans les zones d'opération en 2000-2003. En moyenne, la température et l'humidité relative enregistrées pendant les saisons d'hiver pluvieux et d'été sont respectivement de $26,38 \pm 0,72^\circ \text{C}$; $27,52 \pm 0,24^\circ \text{C}$; $31,03 \pm 0,66^\circ \text{C}$ et de $88,17 \pm 1,38\%$; $84,45 \pm 2,51\%$ et de $78,52 \pm 3,76$. Les données recueillies sur le taux d'infestation par la mouche uzi dans le village témoin (sans lâchage de parasitoïdes), dans les villages où une espèce unique et une combinaison d'espèces ont été lâchées sont analysées de manière statistique en utilisant le test « t » de Student pour la comparaison avec le témoin. On considère qu'une valeur P inférieure à 0,05 est significative.

RESULTATS ET DISCUSSION

On a évalué l'infestation du ver à soie *B. mori* par la mouche uzi pendant les différents mois et saisons de l'année entre 2001 et 2003 en lâchant des espèces des parasitoïdes de la mouche uzi individuellement, à savoir, *Trichopria* sp., *E. philippinensis* et *N. thymus* et en combinant *Trichopria* sp. et *E. philippinensis* dans les villages respectifs pour déterminer l'efficacité des espèces individuellement dans la minimisation de l'infestation par la mouche uzi (Tableau I & figs 1-4). La diminution de l'infestation est significativement élevée (65,46 %) en 2003 dans le village où on libère *Trichopria* sp. et elle est la moins importante (29,91 %) en 2001. De même, la diminution de l'infestation par la mouche uzi dans le village où on libère *N. thymus* est significativement élevée (62 %) en 2003, tandis qu'elle est moins importante (36,72 %) en 2001 par comparaison au témoin. Pareillement, la diminution de l'infestation par la mouche uzi dans le village où on lâche *E. philippinensis* est la plus élevée (58,46 %) en 2003 par comparaison au témoin. Dans le village où on libère des espèces multiples (*Trichopria* sp et *E. philippinensis*), la diminution de l'infestation en 2003 est élevée (70,64 %) par comparaison au témoin (Tableau I). Il est évident que la diminution de l'infestation a progressé de 2001 à 2003 dans tous les villages où on lâche des parasitoïdes, ce qui pourrait être dû à l'effet du lâchage en masse de parasitoïdes. Cependant, le lâchage de parasitoïdes multiples s'avère plus efficace par comparaison au lâchage d'une espèce unique.

Par ailleurs, on analyse l'infestation par la mouche uzi pendant les saisons des pluies, de l'hiver et de l'été en 2001-2003 pour déterminer l'efficacité de ces parasitoïdes à contenir la menace de la mouche uzi dans les villages respectifs (figures 1 à 3). On enregistre la diminution la plus élevée (71,47 %) de l'infestation par la mouche uzi en 2000 pendant l'été dans le village où on libère des espèces multiples et elle est la plus faible (19,45 %) en hiver de la même année dans le village où on lâche *Trichopria* sp (Fig. 1). De même, on observe le pourcentage le plus élevé (67,86 %) de diminution de l'infestation pendant l'hiver en 2002 dans un village où on libère des espèces multiples, tandis qu'il est le moins important (29,97 %) dans la zone où on lâche *N. thymus* pendant la saison des pluies (Fig. 2). De même, on enregistre la diminution la plus élevée (85,34 %) de l'infestation

dans le village où on lâche *Trichopria* en été en 2003, tandis qu'elle est la moins importante (55,20 %) dans le village où on lâche *N. thymus* en hiver (Fig. 3). Cela montre clairement qu'on enregistre le pourcentage le plus élevé de diminution de l'infestation en 2003 pendant toutes les saisons dans les villages où on lâche des parasitoïdes, suivi par 2002 et 2001 (Figs. 1-3). D'après les résultats, on enregistre le pourcentage maximum de diminution de l'infestation par la mouche uzi en été, suivi par les saisons d'hiver et des pluies, ce qui coïncide avec l'infestation par la mouche uzi dans le village témoin pendant les différentes saisons de l'année. Cependant, on observe que le pourcentage de diminution de l'infestation est le plus élevé dans les villages où on lâche des espèces multiples pendant différentes saisons par comparaison aux zones où on lâche une espèce unique. Cela pourrait être dû au parasitisme individuel de chaque espèce compte tenu du comportement fonctionnel.

Le pourcentage moyen de diminution de l'infestation pendant les différentes saisons entre 2000 et 2003 varie (fig. 4). Il est le plus élevé (58,30 % et 53,03 %) pendant l'été dans les villages où on lâche *Trichopria* sp. et *N. thymus* par comparaison aux autres saisons (Fig. 4). De même, le taux d'infestation par la mouche uzi dans le village où on lâche *E. philippinensis* est légèrement supérieur (47,76 %) pendant la saison des pluies par comparaison à l'été (46,52 %), tandis qu'il est de 41,72 % en hiver par comparaison au témoin (Fig. 4). Dans les lâchages d'espèces multiples aussi, on enregistre le pourcentage le plus élevé de diminution en été (69,73 %), suivi par l'hiver (63 %) et les saisons des pluies (55,94 %) par comparaison au témoin (Fig. 4). D'après les données sur trois ans, le pourcentage de diminution de l'infestation dans les zones où on lâche des espèces individuelles et multiples est le plus élevé pendant l'été, suivi par les saisons de l'hiver et des pluies sauf pour la zone où on lâche *E. philippinensis*.

On a signalé la combinaison de *N. thymus* et d'Uzicide, une formulation chimique liquide qui agit comme un ovicide. On a testé *N. thymus* seul séparément dans les villages identifiés pour minimiser l'infestation par la mouche uzi. Les résultats montrent que l'on enregistre un pourcentage maximum de diminution de l'infestation (87,43 %) dans le village traité avec *N. thymus* et l'uzicide, tandis qu'il est le moins important (27,45 %) dans le village où on ne libère que *N. thymus* par comparaison au témoin (Veeranna, 1999).

De même, Balkrishnan et coll., (2004) ont évalué l'efficacité de *Chrysoperla carnea* (Stephens) en combinaison avec les bio-pesticides Ha NPV et *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* contre *Helicoverpa armigera* (Hubner) sur du coton dans des conditions sans irrigation et ont enregistré l'infestation la plus faible par *H. armigera* dans les parcelles traitées avec la combinaison de *C. carnea* et du biopesticide par comparaison au témoin, comme nous avons observé dans notre étude que le pourcentage de diminution de l'infestation par la mouche uzi est le plus élevé dans le village où on libère des espèces multiples. Des résultats similaires ont été obtenus par Pradip Kumar et coll., (1993) avec l'intégration de l'uzicide et de *N. thymus*, dans différentes conditions agroclimatiques du Karnataka. La diminution du pourcentage d'infestation grâce aux parasitoïdes de la mouche uzi concorde avec les rapports précédents. Les parasitoïdes des espèces *Trichogramma* telles que *T. pretiosum* Riley et *T. brasiliense* Ashmead minimisent l'infestation par *Helicoverpa armigera* (Hubner), un insecte nuisible de la tomate (Permindar kumar et coll., 2004). Des observations similaires ont aussi été faites sur le terrain sur différentes souches de *T. chilonis* Ishii pour supprimer le perforateur précoce de la tige de canne à sucre, *Chilo infuscatellus* Snellen (Bhat et coll., 2004 Shenhmar et coll., 2005, Satnam Singh et coll., 2007). Cependant, dans cette étude, le pourcentage de diminution de l'infestation par la mouche uzi pendant l'été pendant différentes années est le plus élevé chez toutes les espèces que pendant les autres saisons, par comparaison au témoin. Même dans le village témoin également, le taux d'infestation par la mouche uzi est faible pendant l'été par comparaison aux autres saisons, parce que la population de la mouche uzi est faible sur le terrain en raison de la température élevée (Siddappaji, 1990).

On enregistre les parasitoïdes dans les villages respectifs pour déterminer l'établissement / la présence des parasitoïdes dans les villages où ils ont été lâchés. On enregistre le taux le plus élevé de 85,50 % dans le village de Doddalmanalli où on lâche *E. philippinensis*, tandis qu'il est le moins élevé (77,67 %) dans le village où on lâche *N. thymus* et il est de 83,56 % à Voddaradoddi où on lâche *Trichopria* sp. Cependant, le taux de présence dans le village où on lâche une combinaison de parasitoïdes (*Trichopria* sp. et *E. philippinensis*) est de 68,75 % pour *E. philippinensis* et de 63,45 % pour *Trichopria* sp (Tableau II).

Rawatt et Pawar (1991) ont signalé dans leurs études réalisées en 1987, 1988 et 1989 qu'aucune des espèces *Trichogramma* n'a pas pu parasiter les œufs du papillon du grenadier jusqu'en juin 1989. Cependant, on enregistre pour la première fois, le parasitoïde *T. chilonis* jusqu'à 72,30 % pendant le mois de juillet 1989. Le taux de présence de *Trichogramma* sp. varie dans différentes localités de l'Himachal Pradesh.

Dans cette étude, on enregistre le taux de présence des trois espèces de parasitoïdes de la mouche uzi dans les différents villages, mais on enregistre le taux de présence le plus élevé dans le village où on lâche une combinaison de deux espèces. Quand on lâche *Chrysoperla carnea* pour contenir *Helicoverpa armigera*, un insecte nuisible du coton, un nombre plus important de *C. carnea* est recueilli dans les parcelles où on en a lâchés, que là où on n'en a pas lâchés. (Balkrishnan et coll., 2004), ce qui est en accord avec nos résultats. Le pourcentage de recueil est le plus élevé dans les villages où on lâche une combinaison de deux espèces parce que l'infestation de ces parasitoïdes est individuelle et qu'on n'observe pas de parasitisme multiple, de super parasitisme et de clepto parasitisme chez ces espèces (Jyothi et coll., 1993).

A la lumière des résultats ci-dessus, on suggère que le lâchage d'espèces multiples de ces parasitoïdes est meilleur pour minimiser l'infestation par la mouche uzi pendant différentes saisons, bien qu'on observe une diminution significative de l'infestation avec des espèces individuelles par comparaison au témoin. Le taux de présence d'agents de lutte biologique dans les villages où on les lâche après ce programme montre clairement l'établissement réussi des agents de lutte respectifs, ce qui montre la réponse significative de ces parasitoïdes dans la minimisation de l'infestation par la mouche uzi dans les zones où on les lâche, par comparaison au témoin.

AN APPROACH FOR ENRICHING THE MULBERRY LEAF QUALITY FOR SILKWORM SEED CROP WITH PHOSPHORUS FORTIFICATION

G. VEMANANDA REDDY, M. VENKATACHALAPATHY & S. S. SINDAGI

Silkworm Seed Technology Laboratory, NSSO, Central Silk Board, Kodathi, Carmalram Post, Bangalore-560 035, Karnataka, India.

Raising of mulberry leaf with balanced nutrients is a pre-requisite in stabilizing the silkworm seed crops to produce quality cocoons. Phosphorus plays a major role in reproductive activities of silkworms. Literature available indicates that there is a deficiency of phosphorus content in mulberry leaf required by the silkworm in tropical conditions. Hence, leaf fortification study was conducted with dosage of 150 mg (T1), 300 mg (T2) and 600 mg (T3) of K_2HPO_4 /day/300 larvae dissolved in tap water to enrich leaf quality and fed them to the larvae of CSR2 and CSR4 during 5th age to improve the quality cocoon production as well as egg production. Leaf without fortification and with water spray served as controls.

Data revealed significant variation in larval weight (39.43g - 41.03g), ERR (90.25% - 95.99%), cocoon weight (1.62g - 1.68g), pupation (89.53% - 94.73%), moth emergence (85.97% - 92.36%) and egg recovery (55.78g - 68.19g) between control and treated batches. The seed quality was improved significantly in treated batches of T1 and T2. The study confirmed that the leaf fortification with phosphorus improved seed crop performance and quality seed production.

Keywords: Silkworm, *Bombyx mori* L., CSR2, CSR4, phosphorus fortification, pupation, moth emergence and egg recovery

INTRODUCTION

It is quite reasonable to attribute the healthy and vigorous growth of any insect to feed quality. Being a monophagous insect reared indoors, the silkworm, *Bombyx mori* has single option for host plant selection. Hence, it is quite imperative that the raising of a healthy crop of silkworm depends largely on the quality and quantity of mulberry leaf offered as feed (Legay, 1958). Though fertility and fecundity in silkworms are very sensitive to quantitative and qualitative changes in the food, deficiency in quality affects more severely than that of quantity (Legay, 1958, Englemann, 1970).

Mulberry leaves contain the adequate amounts of minerals to maintain good growth (Horie *et al.* 1967, Ito et Nimura, 1966) except phosphorus and zinc which stand just near to the required levels of silkworm or even less. These two elements are essential to silkworm on one hand and on the other, they are necessary for the reproduction (Tazima, 1978; Nakamura and Horie, 1982).

Deficiency of specific nutrients in mulberry leaf viz. phosphorus, zinc and sterol will affect fertility and fecundity in silkworms (Nakamura and Horie, 1982; Horie *et al.* 1985). Even the yolk synthesis in insects is influenced by the phosphorus in the diet (Sang and King, 1959). Approximately 40% (6.76 mg/g eggs) of the phosphorus in the female adult is utilized for egg formation in silkworms (Nakamura and Horie, 1982). The content of phosphorus in the mulberry is 1.6 to 3.4 mg/g dry leaf (Ito and Nimura, 1966, Horie *et al.*, 1967). Leaves (Nutrients) consumed during the entire 4th instar

and 1st to 3rd day in 5th instar are utilized for the formation of eggs (Fukuda *et al.*, 1963; Inagaki and Yamashita, 1983). Deficiency of phosphorus in mulberry leaves not only inhibits the protein metabolism in the larval body, but also multiplies several times the injurious effect of free arginine (Kurose, 1967). Phosphorus deficiency in soil will decrease the leaf nutrients such as sucrose, reducing sugars and calcium and increase the total content of non-protein 'N' thereby, reducing the quality of mulberry leaves (Kurose, 1964, Shunlin *et al.* 1994). Phosphorus sprayed on the leaves is capable of being utilized by mulberry plants as fertilizer. In most soils only a small percentage of the added phosphatic fertilizer is available (Singhvi and Bose, 1990). It is reported that the silkworms reared on phosphorus deficient mulberry leaves could not complete their larval stage and die before spinning the cocoon (Kurose, 1964).

The spring leaf is always superior in quality to the autumn leaf with all balanced nutrients. Supplementation of the spring leaves scarcely improved the larval survival and cocoon quality and yield under temperate conditions, while supplementation of autumn leaves or shaded leaves had better results (Tanaka, 1964). In fact under Indian conditions, it is difficult for farmer community to grow mulberry having balanced nutrients in the leaf due to extreme climatic changes in different regions and seasons. Hence, there is a need for supplementation of leaves with specific nutrients so as to enrich the leaf quality in particular for seed crop. Further, information on the requirements of nutrients for seed crop related to high egg recovery and quality is scanty. Further, no substantial attempt was made to standardize the phosphorus available in the leaf and its requirements by the silkworm. Hence, the present study has been taken up with phosphorous supplementation to enrich leaf quality for raising the quality of seed cocoon production and egg recovery.

MATERIAL AND METHODS

CSR2 and CSR4 breeds were used for the study. Fortification of mulberry shoots (V1 variety) was done with phosphorus (K_2HPO_4), once a day during 5th age. Three treatments were prepared i. e. 150 mg (T1), 300 mg (T2) and 600 mg (T3) dissolved in tap water for shoots fortification. Feeding was given 20 minutes after fortification. Shoots with water spray and without water spray served as controls. Three hundred larvae in 6 replications were fed with fortified leaves during morning feeding. Three trials data of rearing performance and egg production were recorded and analyzed statistically.

RESULTS AND DISCUSSION

Data pertaining to the phosphorus fortification of mulberry leaves and its effects on seed crop performance and egg production are presented in Tables I and II. There was significant difference in larval weight, ERR, cocoon characters, cocoon yield and pupation rate between treatments, breeds and race \times treatments and their interaction indicating the phosphorus influence in enhancing the larval growth, developmental activities and their survival rate. Significantly high larval weight (41.398 g), ERR (95.99%), cocoon weight (1.67 g), pupation (94.7%), moth emergence (2.36%), laying recovery (37.86%), egg recovery (68.15 g) and fecundity (550) were recovered in T2 of CSR2 indicating the phosphorus influence on developmental activities, survival and increased reproductive efficiency of moths, whereas in CSR4, T1 showed significant improvement in the survival and egg production efficiency.

Earlier authors reported about the influence of phosphorus on the survival and reproduction of silkworms. According to Nakamura and Horie (1982), approximately 40% (6.76 mg/g eggs) of the phosphorus in the female adult is utilized for egg formation in silkworms. Tanaka (1964) reported that the spring leaf is always superior in quality to the autumn leaf with all balanced nutrients.

Table I. Effect of phosphorus fortification on seed crop rearing performance of CSR breeds.

(Mean of three trials)

Tableau I. Effet de la fortification avec du phosphore sur la performance d'élevage de la récolte de grainage des lignées CSR.

(Moyenne de trois essais).

| Race | Parameters | Larval Wt. (g) | ERR (%) | SCW (g) | SSW (g) | Shell (%) | Cocoons / kg (No.) | Melting (%) | Cocoon yield/ 100 dfls (kg) |
|-------|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|----------------------|--------------------|-------------------|--|
| | Paramètres | Poids larvaire (g) | | | | Richesse soyeuse (%) | Cocons / kg (nbre) | Cocons tachés (%) | Rendement en cocons / 100 pontes saines (kg) |
| CSR2 | T1 | 40.45 | 94.37 | 1.67 | 0.37 | 22.2 | 599 | 4.65 | 78.79 |
| | T2 | 41.39 | 95.99 | 1.67 | 0.36 | 21.55 | 598 | 4.85 | 80.26 |
| | T3 | 41.03 | 93.53 | 1.65 | 0.35 | 21.41 | 606 | 4.88 | 77.21 |
| | Ctrl 1 / Témoin 1 | 39.62 | 92.25 | 1.63 | 0.35 | 21.59 | 612 | 6.92 | 75.44 |
| | Ctrl 2 / Témoin 2 | 39.43 | 90.55 | 1.63 | 0.35 | 21.22 | 611 | 6.88 | 74.91 |
| CSR4 | T1 | 40.89 | 94.18 | 1.68 | 0.37 | 22.06 | 596 | 4.52 | 79.02 |
| | T2 | 40.84 | 93.36 | 1.68 | 0.36 | 21.67 | 596 | 4.68 | 78.41 |
| | T3 | 40.66 | 93.40 | 1.66 | 0.36 | 21.95 | 602 | 4.92 | 77.68 |
| | Ctrl 1 / Témoin 1 | 39.97 | 90.74 | 1.62 | 0.35 | 21.35 | 615 | 7.82 | 73.92 |
| | Ctrl 2 / Témoin 2 | 39.79 | 90.48 | 1.64 | 0.36 | 21.86 | 611 | 7.50 | 74.08 |
| CD@5% | Race | NS | 0.544 | 0.011 | 0.004 | NS | 0.993 | 0.102 | 0.447 |
| | Tmt | 0.204 | 0.770 | 0.016 | 0.006 | 0.446 | 1.404 | 0.114 | 0.632 |
| | Trial | 0.156 | 0.238 | 0.008 | 0.003 | NS | 0.881 | 0.127 | 0.306 |
| | R × Tmt | 0.701 | 1.099 | NS | 0.009 | 0.577 | 1.912 | 0.282 | 0.730 |
| | R × Tmt × Tri | 0.350 | 0.533 | 0.018 | 0.007 | 0.532 | 1.969 | 0.193 | 0.684 |

R – Race, **Tmt** – Treatment / *Traitement*; **Tri** – Trial / *Essai*. **ERR** – Effective rate of rearing / *Taux effectif d'élevage*. **SCW**: Single cocoon weight / *Poids d'un cocon*. **SSW**: Single shell weight / *Poids d'une coque*.

Table II. Effect of phosphorus fortification on seed production in CSR breeds.

(Mean of three trials)

Tableau II. Effet de la fortification avec du phosphore sur la production de graines chez les lignées CSR.

(Moyenne de trois essais)

| Race | Parameters | Pupation (%) | Moth emergence (%) | Layings (%) | Egg recovery (g/kg cocoons) | Eggs / g (no.) | Dead eggs (%) | UF eggs (%) | Fecundity (No.) | Hatching(%) |
|-------|---------------|--------------|-----------------------------|-------------|---------------------------------------|------------------|-------------------------|------------------------|------------------|--------------|
| | Paramètres | Nymphose (%) | Emergence des papillons (%) | Pontes (%) | Rendement en oeufs (g / kg de cocons) | Oeufs / g (nbre) | Mortalité des oeufs (%) | Oeufs non fécondés (%) | Fécondité (nbre) | Eclosion (%) |
| CSR2 | T1 | 93.92 | 91.41 | 37.16 | 67.32 | 1793 | 0.53 | 1.65 | 544 | 97.43 |
| | T2 | 94.70 | 92.36 | 37.86 | 68.19 | 1788 | 0.58 | 1.77 | 558 | 96.30 |
| | T3 | 94.42 | 91.82 | 35.77 | 65.31 | 1786 | 0.67 | 2.05 | 540 | 96.71 |
| | Ctrl 1 | 91.36 | 87.22 | 30.68 | 55.78 | 1790 | 0.61 | 2.25 | 528 | 96.27 |
| | Ctrl 2 | 91.55 | 85.97 | 31.35 | 57.79 | 1793 | 0.61 | 2.20 | 537 | 96.44 |
| CSR4 | T1 | 93.98 | 91.98 | 36.56 | 66.41 | 1720 | 0.53 | 2.06 | 533 | 96.38 |
| | T2 | 93.96 | 90.60 | 35.98 | 65.97 | 1724 | 0.52 | 1.97 | 547 | 96.84 |
| | T3 | 94.73 | 91.68 | 35.8 | 65.58 | 1725 | 0.56 | 1.93 | 527 | 96.52 |
| | Ctrl 1 | 89.53 | 86.32 | 29.53 | 56.21 | 1729 | 0.73 | 2.84 | 524 | 95.56 |
| | Ctrl 2 | 90.58 | 86.57 | 29.91 | 56.45 | 1728 | 1.00 | 2.48 | 530 | 95.74 |
| CD@5% | Race | NS | NS | 0.225 | 0.169 | 2.960 | 0.013 | 0.071 | 1.293 | 0.240 |
| | Tmt | 0.560 | 0.520 | 0.318 | 0.239 | 4.186 | 0.018 | 0.101 | 1.829 | 0.341 |
| | Trial | 0.026 | NS | 0.442 | 0.238 | 1.815 | 0.190 | 0.049 | 1.530 | 0.220 |
| | R × Tmt | 0.564 | 1.020 | 0.219 | 0.408 | 6.761 | 0.018 | 0.118 | 4.099 | 0.514 |
| | R × Tmt × Tri | 0.580 | 0.687 | 0.490 | 0.533 | 4.060 | 0.042 | 0.109 | 3.422 | 0.493 |

R – Race. Tmt – Treatment / Traitement; Tri – Trial / Essai.

Supplementation of the spring leaves scarcely improved the larval survival and cocoon quality and yield under temperate conditions, while supplementation of autumn leaves or shaded leaves had better results. It is envisaged that leaf from tropical areas may require additional supplementation to overcome mineral deficiency.

The data on moth emergence revealed that the cocoon melting was less in phosphorus treated batches (4.65 to 4.88% in CSR2 and 4.52 to 4.92% in CSR4) than the controls (6.88 to 6.92% in CSR2 and 7.50 to 7.82% in CSR4) during cocoon preservation. This is evident that the egg production efficiency in loose eggs was also increased by 12 -15% in phosphorus treated CSR breeds. There was an improvement in quality of seed produced in treated batches with increased egg recovery and reduced incidence of unfertilized eggs which may be due to the phosphorus fortification. In spite of less difference in the cocoon weights, it can be envisaged that the reproductive efficiency of the treated moths has improved over the controls through the phosphorus influenced metabolic activities related to the egg maturation and oviposition as the phosphorus content in the eggs of both breeds increased from 4.10 to 4.58 mg /g eggs i.e. 11.71% in CSR2 and 4.08 to 4.23 mg/g eggs i.e. 3.68% in CSR4 (Vemananda Reddy, 2011).

The phosphorus content in the mulberry leaves ranged from 1.6 to 3.2 mg/g dry leaf (Kawachi and Takagishi, 1985, Rahman *et al.* 1993, Fathima *et al.* 1996, Bongale and Krishna, 2000) which was little less than the larval requirement i.e. 3.54 mg/day (Nakamura and Horie (1982). This shows that under tropical conditions, the phosphorus content has to be supplemented to enrich the leaf for balancing the nutritional level for normal development and reproductive efficiency of the silkworm.

Reducing sugars, sucrose and starch decreased significantly in phosphorus deficient leaves (Kumar and Sharma, 1995). According to Vemananda Reddy (2011) phosphorus content in V1 variety of mulberry leaves ranged from 0.43 to 0.61% in tender, 0.27 to 0.42 % in medium and 0.26 to 0.35% in coarse leaf. Ide and Okada (1965) also reported seasonal variation of 0.16 to 0.34% of phosphorus in mulberry leaves. They expressed that the variation in the phosphorus content in the leaf was due to differences in cultural operations, seasons and mulberry variety.

Phosphorus is a major constituent of important organic compounds which are in addition to inorganic phosphorus, involved in energy utilization and storage reactions. Phosphorus aids in structural formation of cells, energy storage and transfer (Narayana Swamy and Shankar, 2003).

The amount of phosphorus ingested by a single larva during 5th instar was 3.5 to 4 mg/day (Horie *et al.* 1985). As the larva consumes more than 80% of leaf during 5th instar which includes mostly medium and coarse leaves containing less amount of phosphorus than that required, supplementation of leaf with suitable quantity of phosphorus is required under Indian tropical conditions of sericulture.

In the present study, phosphorus supplementation to overcome the deficiency of phosphorus in leaf for seed crop improvement was confirmed as the survival rate and the egg production were significantly improved over non supplemented batches. Further, determination of dosage was taken care of by considering the phosphorus quantity available in the leaf and its requirement by the larva in reproduction.

REFERENCES

- BONGALE U.D., KRISHNA M. (2000) Leaf quality of Mulberry (*Morus indica* L.) and cocoon crops of the silkworm (*Bombyx Mori* L.) as influenced by sewage and bore well water irrigation. Indian J. Seric., 39 (2): 165-168.
- ENGLEMANN F. (1970) The Physiology of insect reproduction, Pergamon Press, Oxford, New York.
- FATHIMA P.S., DAS P. K., KATIYAR R.S., HIMANTHARAJ M.T., PALLAVI S.N. (1996) Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation in mulberry under different levels and sources of phosphorus on silkworm growth, cocoon yield and quality. Indian J. Seric., 35 (2): 99-103.

- FUKUDA T., KAMEYAMA T., MATSUDA M. (1963) A correlation between the mulberry leaves consumed by the silkworm larva in different ages of the larval growth and the production of the cocoon fiber spun by the silkworm larva and of the eggs laid by the silkworm moth. Bull. Seric. Exp. Sta., 19:165-171.
- HORIE Y., WATANABE K., ITO T. (1967) Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* XVIII. Quantitative requirements for Potassium, Phosphorous, Magnesium and Zinc. Bull. Seric. Expt. Stn. Jpn., 22: 181-193.
- HORIE Y., NAKASONE S., WATANABE K., NAKAMURA M., SUDA H. (1985) Daily ingestion and utilization of various kinds of nutrients by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Entomol. Zool., 20 (2): 159 – 172.
- IDE S., OKADA K. (1965) Summary of the paper read at the Lanato lecture meeting. Japanese Soc. Seric. Sci., 14: 91-92.
- INAGAKI S., YAMASHITA O. (1983) Feeding stage dependent distribution of nutrients into cocoon shell and matured eggs in the silkworm. *Bombyx mori*. J. Seric. Sci. Jpn., 52: 215-220.
- ITO T., NIMURA M. (1966) Nutrition of the silkworm *Bombyx mori*. Its specific requirements and its nutrition in relation to the mineral nutrition of its host plant mulberry, *Morus indica* L. Indian J. Expt. Biol., 4: 31-36.
- KAWACHI I., TAKAGISHI H. (1985) Diagnostic indices of phosphorus nutritional status of mulberry trees based on water culture experiment with increasing phosphorus concentration. J. Seric. Sci. Jpn., 54 (1): 284-289.
- KUMAR N., SHARMA P.N. (1995) Effect of phosphorus – deficiency stress on photosynthesis in mulberry *Morus alba* L. Indian J. Expt. Biol., 33: 616-619.
- KUROSE T. (1964) Studies on the dietetical value of phosphorus deficient mulberry leaves II. Rearing of the silkworm on phosphorus deficient mulberry leaves. J. Seric. Sci. Jpn., 33 (4): 333-338.
- KUROSE T. (1967) Studies on the dietetical values of phosphorus – deficient mulberry leaves. (XIX) Additional effects of phosphates to artificial diet containing phosphorus- deficient mulberry leaf powder. J. Seric. Sci. Jpn., 36 (2): 71-75.
- LEGAY J.M. (1958) Recent advances in the silkworm nutrition. Ann. Rev. Entomol., 3: 75 - 86.
- NAKAMURA M., HORIE Y. (1982) Ingestion, absorption and utilization of phosphorous by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Entomol. Zool., 17 (4): 543-549.
- NARAYANA SWAMY T. K., SHANKAR M.A. (2003) Mulberry nutrition: A tool for quality leaf and sustainable cocoon production. Published by Department of Sericulture and Dry land Agriculture project, University of Agricultural Sciences, Bangalore, Karnataka, India, pp. 11-17.
- RAHMAN M.M., QADER M. A., ABSAR N. (1993) Effect of different doses of NPK fertilizers on mineral contents of mulberry leaf. Bull. Seric. Res., 4: 1-5.
- SANG J.H., KING R.C. (1959) Nutritional requirements for normal oogenesis in *D. melanogaster*. *Drosophila* Inform. Serv., 33: 156-158.
- SINGHVI N.R., BOSE P.C. (1990) Using foliar fertilization to increase the production of mulberry. Indian Silk, 28 (12): 27-28.
- SHUNLIN L., ZHENLI T., JINMEI Z. (1994) Silkworm Rearing. Editorial Department, Bulletin of Sericulture, Hangzhou, China.
- TANAKA Y. (1964) Sericology. Published in English by Central Silk Board, Bangalore, India.
- TAZIMA Y. (1978) In: The silkworm an important Laboratory tool. Kodansha Ltd., Tokyo, pp. 121-157.
- VEMANANDA REDDY G. (2011) Effect of leaf maturity on the phosphorus content in mulberry leaf and silkworm eggs. Indian J. Seric. (In press).

UNE APPROCHE POUR AMELIORER LA QUALITE DE LA FEUILLE DE MURIER AVEC UNE FORTIFICATION AU PHOSPHORE POUR LA RECOLTE DE GRAINAGE DU VER A SOIE

G. VEMANANDA REDDY, M. VENKATACHALAPATHY & S. S. SINDAGI

Silkworm Seed Technology Laboratory, NSSO, Central Silk Board, Kodathi, Carmalram Post, Bangalore – 560 035, Inde.

La culture de la feuille de mûrier avec des nutriments équilibrés est une condition nécessaire pour stabiliser les récoltes de grainage du ver à soie et produire des cocons de qualité. Le phosphore joue un rôle majeur dans les activités de reproduction des vers à soie. La littérature disponible indique que, dans les conditions tropicales, il y a un manque de phosphore dans la feuille de mûrier par rapport aux besoins du ver à soie. On a donc réalisé une étude sur la fortification de la feuille avec une dose de 150 mg (T1), de 300 mg (T2) et de 600 mg (T3) de K_2HPO_4 / jour / 300 larves dissoute dans de l'eau du robinet pour enrichir la qualité de la feuille et nous en avons nourri les larves de CSR2 et de CSR4 pendant le 5^{ème} âge afin d'améliorer la production de cocons de qualité ainsi que la production d'œufs. La feuille sans fortification et avec une vaporisation d'eau sert de témoin.

Les données révèlent une variation significative du poids larvaire (39,43 g à 41,03 g), de l'ERR (90,25 % à 95,99 %), du poids du cocon (1,62 g à 1,68 g), de la nymphose (89,53 à 94,73 %), de l'émergence des papillons (85,97 % à 92,36 %) et de la rentrée d'œufs (55,78 g à 68,19 g) entre le témoin et les lots traités. La qualité de la graine s'améliore de manière significative chez les lots traités T1 et T2. L'étude confirme que la fortification de la feuille avec du phosphore améliore la performance de la récolte de grainage et la qualité de la production de grainage.

INTRODUCTION

Il est raisonnable d'attribuer la croissance saine et vigoureuse de n'importe quel insecte à la qualité de la nourriture. Comme c'est un insecte monophage élevé à l'intérieur, le ver à soie *Bombyx mori* n'a qu'une seule option par rapport au choix de la plante hôte. Il est donc évident que l'élevage d'une récolte de vers à soie saine dépend en grande partie de la qualité et de la quantité des feuilles de mûrier données en nourriture (Legay, 1958). Bien que la fertilité et la fécondité chez les vers à soie soient très sensibles aux changements quantitatifs et qualitatifs de la nourriture, le manque de qualité les affecte plus durement que le manque de quantité (Legay, 1958, Englemann, 1970).

Les feuilles de mûrier contiennent les quantités adéquates de minéraux pour le maintien d'une bonne croissance (Horie et coll., 1967, Ito et Nimura 1966) sauf de phosphore et de zinc qui se situent juste aux niveaux requis par le ver à soie ou même au dessous. Ces deux éléments sont essentiels pour le ver à soie d'une part et d'autre part, ils sont nécessaires pour la reproduction (Tazima, 1978 ; Nakamura et Horie, 1982).

La carence en nutriments spécifiques dans la feuille de mûrier, en l'occurrence le phosphore, le zinc et le stérol a un effet sur la fertilité et la fécondité des vers à soie (Nakamura et Horie, 1982 ; Horie et coll., 1985). Même la synthèse du jaune chez les insectes est influencée par le phosphore dans l'alimentation (Sang et King, 1959). Chez les vers à soie, la femelle adulte utilise environ 40 % (6,76 mg / g d'œuf) du phosphore pour la formation de l'œuf (Nakamura et Horie, 1982). La teneur

du mûrier en phosphore est de 1,6 à 3,4 mg / g de feuille sèche (Ito et Nimura, 1966, Horie et coll., 1967). Les feuilles (nutriments) consommés pendant tout le 4^{ème} âge et entre le 1^{er} et le 3^{ème} jour du 5^{ème} âge sont utilisées pour la formation des œufs (Fukuda et coll., 1963 ; Inagaki et Yamashita, 1983). La carence en phosphore dans les feuilles de mûrier non seulement inhibe le métabolisme des protéines dans le corps de la larve, mais multiplie aussi plusieurs fois l'effet préjudiciable de l'arginine libre (Kurose, 1967). La carence en phosphore dans le sol diminue les nutriments de la feuille tels que le saccharose, les sucres réducteurs et le calcium et augmente la teneur totale de la non-protéine « N », ce qui diminue donc la qualité des feuilles de mûrier (Kurose, 1964, Shunlin et coll., 1994). Le phosphore vaporisé sur les feuilles est capable d'être utilisé par les feuilles de mûrier comme engrais. Dans la plupart des sols, seul un petit pourcentage de l'engrais phosphaté ajouté est disponible (Singhvi et Bose, 1990). On a signalé que les vers à soie élevés sur des feuilles de mûrier carencées en phosphore ne peuvent pas terminer leur stade larvaire et meurent avant d'avoir filé leurs cocons (Kurose, 1964).

La feuille de printemps est toujours supérieure en qualité à celle d'automne et dispose de tous les nutriments équilibrés. Dans les conditions tempérées, le complément des feuilles de printemps améliore à peine la survie des larves, la qualité des cocons et le rendement, tandis que le complément des feuilles d'automne ou des feuilles à l'ombre donne de meilleurs résultats (Tanaka, 1964). En fait, dans les conditions indiennes, il est difficile pour la communauté des fermiers de cultiver du mûrier dont les feuilles sont équilibrées en nutriments, en raison des changements climatiques extrêmes dans les différentes régions et pendant les différentes saisons. Il est donc nécessaire de compléter les feuilles avec des nutriments spécifiques pour enrichir la qualité de la feuille, en particulier, pour la récolte de grainage. De plus, on dispose de peu d'informations sur les besoins en nutriments pour la récolte de grainage pour une rentrée et une qualité des œufs élevées. Par ailleurs, il n'y a pas eu d'essai majeur de standardisation du phosphore disponible dans la feuille et des besoins du ver à soie. On a donc entrepris cette étude sur l'apport d'un complément en phosphore pour améliorer la qualité de la feuille afin d'augmenter la production de cocons de grainage de qualité et le rendement en œufs.

MATERIELS ET METHODES

On utilise les lignées CSR2 et CSR4 pour l'étude. On procède à la fortification des rameaux de mûrier (variété VI) avec du phosphore (K_2HPO_4) une fois par jour pendant le 5^{ème} âge. On prépare trois traitements, c'est-à-dire 150 mg (T1), 300 mg (T2) et 600 mg (T3) dissous dans de l'eau du robinet pour la fortification des rameaux. On procède à l'alimentation 20 minutes après la fortification. Des rameaux avec une vaporisation d'eau et sans vaporisation d'eau servent de témoin. On nourrit 300 larves en 6 répétitions avec des feuilles fortifiées pendant l'alimentation du matin. On enregistre les données de trois essais concernant la performance d'élevage et la production d'œufs et on les analyse statistiquement.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données concernant la fortification des feuilles de mûrier avec du phosphore et ses effets sur la performance de la récolte de grainage et la production d'œufs sont présentées dans les Tableaux I et II. Il y a une différence significative de poids larvaire, d'ERR, des caractères du cocon, de rendement en cocons et de taux de nymphose entre les traitements, les lignées et la race \times traitement et leur interaction, ce qui indique l'influence du phosphore dans l'amélioration de la croissance, des activités de développement et du taux de survie des larves. On trouve un poids de larve (41,398 g), un ERR (95,99%), un poids du cocon (1,67 g), une nymphose (94,7%), une émergence des papillons (2,36%), un taux de ponte (37,86%), un rendement en œufs (68,15 g) et une fécondité (550) significativement élevés pour CSR2 avec T2, ce qui indique l'influence du phosphore sur les activités de développement,

la survie et l'augmentation de l'efficacité de reproduction des papillons, tandis que pour CSR4 avec T1, on observe une amélioration significative de la survie et de l'efficacité de production d'œufs.

Auparavant, des auteurs ont signalé l'influence du phosphore sur la survie et la reproduction des vers à soie. Selon Nakamura et Horie (1982), chez les vers à soie, la femelle adulte utilise environ 40 % (6,76 mg / g d'œufs) du phosphore pour la formation de l'œuf. Tanaka (1964) a signalé que la feuille de printemps est toujours supérieure en qualité à la feuille d'automne et dispose de tous les nutriments équilibrés.

Dans les conditions tempérées, le complément des feuilles de printemps améliore à peine la survie des larves et la qualité des cocons et le rendement tandis que le complément des feuilles d'automne ou à l'ombre donne de meilleurs résultats. On pense que la feuille des régions tropicales pourrait avoir besoin d'un complément supplémentaire pour surmonter la carence en minéraux. Les données sur l'émergence des papillons révèlent qu'il y a moins de cocons tachés chez les lots traités au phosphore (4,65 à 4,88 % chez CSR2 et 4,52 à 4,92 % chez CSR4) que chez les témoins (6,88 à 6,92 % chez CSR2 et 7,50 à 7,82 % chez CSR4) au cours de la conservation des cocons. Il est évident que l'efficacité de production d'œufs en vrac augmente aussi de 12 à 15 % chez les lignées CSR traitées avec du phosphore. Il y a une amélioration de la qualité des graines produites chez les lots traités, avec une augmentation du taux d'œufs obtenus et une diminution de l'incidence d'œufs non fécondés, qui pourraient être dues à la fortification avec le phosphore. Malgré une différence moins importante pour les poids des cocons, on peut considérer que l'efficacité de reproduction des papillons traités s'améliore par rapport aux témoins par les activités métaboliques liées à la maturation et à la ponte des œufs sous l'influence du phosphore, puisque la teneur en phosphore des œufs chez les deux lignées augmente de 4,10 à 4,58 mg / g d'œufs, c'est-à-dire 11,71 % chez CSR2 et de 4,08 à 4,23 mg / g d'œufs, c'est-à-dire 3,68 % chez CSR4 (Vemananda Reddy, 2011).

La teneur en phosphore des feuilles de mûrier est comprise entre 1,6 à 3,2 mg / g de feuille sèche (Kawachi et Takagishi, 1985, Rahman et coll., 1993, Fathima et coll., 1996, Bongale et Krishna, 2000), ce qui est juste en dessous des besoins de la larve, c'est-à-dire 3,54 mg / jour (Nakamura et Horie (1982). Cela montre que, dans les conditions tropicales, la teneur en phosphore doit être complétée pour enrichir la feuille et équilibrer le niveau en nutriments pour le développement normal et l'efficacité de reproduction du ver à soie.

Les sucres réducteurs, le saccharose et l'amidon baissent significativement chez les feuilles carencées en phosphore (Kumar et Sharma, 1995). Selon Vemananda Reddy (2011), la teneur en phosphore des feuilles de la variété de mûrier V-1 est comprise entre 0,43 et 0,61 % chez les feuilles tendres, entre 0,27 et 0,42 % chez les feuilles moyennes et entre 0,26 et 0,35 % chez les feuilles épaisses. Ide et Okada (1965) ont aussi rapporté une variation saisonnière du phosphore de 0,16 à 0,34 % dans les feuilles de mûrier. Ils ont précisé que la variation de la teneur en phosphore dans la feuille est due aux différences de techniques de culture, de saisons et de variétés de mûrier.

Le phosphore est un constituant majeur des composés organiques importants qui sont, en plus du phosphore inorganique, impliqués dans l'utilisation de l'énergie et les opérations de stockage. Le phosphore contribue à la formation structurale des cellules, au stockage et au transfert de l'énergie (Narayana Swamy et Shankar 2003).

La quantité de phosphore ingérée par une larve individuelle pendant le 5^{ème} âge est de 3,5 à 4 mg / jour (Horie et coll., 1985). Comme la larve consomme plus de 80 % de feuilles pendant le 5^{ème} âge, qui sont principalement des feuilles moyennes et épaisses, contenant moins de phosphore, il est nécessaire de compléter les feuilles avec une quantité appropriée de phosphore dans les conditions de sériciculture tropicale en Inde.

Cette étude confirme que le complément en phosphore pour palier la carence en phosphore de la feuille est nécessaire pour l'amélioration de la récolte de grainage, puisque le taux de survie et la production d'œufs s'améliorent considérablement par rapport aux lots non complétés. Par ailleurs, on a évalué la dose nécessaire en prenant en compte la quantité de phosphore disponible dans la feuille et les besoins de la larve pour la reproduction.

CHARACTERISTICS ANALYSIS OF THE SILKWORM STRAINS PRODUCING FLAT-WAY SILK

FEI JIEMING¹ & KUAI YUANZHANG^{2*}

1. Academy of Agricultural Science, Huzhou City, Huzhou 313000, Zhejiang, China.
2. Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.

Original strains of silkworm race and progeny of two hybrids Qingsong × Haiyue and Qiufeng × ZAU2 that can adapt to local environments are to be chosen and reared according to the genetic characteristics of silkworms for flat-way silk. Moreover, the technical system of flat-way silk produced by silkworms and the technical system of its industrialization are discussed in the paper.

Keywords: Silkworm; flat-way silk; strain; *Bombyx mori*

Great public concern has been drawn to the flat-way silk used for new application besides traditional silk in recent years. The flat-way silk, also known as the flat shape cocoon, is defined as the shape-changed silk spinned directly on a cocooning bed of flat-way spinning for silkworms. The composition of the flat-way silk is special because of its features of natural intertexture, the uniform distribution and being free from the possible destruction from external forces. The silk can thus be processed into ultimate cocoon-fibre quilts, high-level decoration cloth, handicraft articles, Chinese writing and painting paper etc..

The flat-way silk was reported in Japan long ago (Yugu, 1943). In the 1940s, a small quantity of flat-way silk was produced mainly for Japanese kimono. During the time, the nature, function and utility value were discussed (Tetsuo masayoshi, 1983). In Taiwan, ninety percent of the flat-way silk is processed into cocoon-fibre quilts. However, the spinning rate of common varieties of silkworms is low, only seventy to eighty percent (Zu Mk., Jiang, Yh *et al.*, 1996, Fei Jm, Du X, *et al.* 2008). As a result, the core technique of producing flat-way silk is to raise the spinning rate. The rate is linked to genetics. The genes to produce flat-way silk are likely to exist on the 20th chromosome of silkworms (Nakajima T., 1983). This result provides a way to select and rear the races of silkworms having capability to spin flat-way silk.

In this paper, the author introduces the choosing process of the parent varieties and hybrid combinations and discusses the technique of spinning flat-way silk and the technical system of industrialization.

METHODS AND MATERIALS

1. Silkworm strains:

The Chinese Parental strains used are Qiufeng (Fig.1), Xinhang, Feng-1, Zhenong-1 and Jingsong. The Japanese parental strains used are ZAU2, Baiyu (Fig.2), Baiyun, 54A and Haiyue.

The hybrid combination made are Qingsong × Haiyue (Fig.5), Qiufeng × Baiyue, Xinhang × ZAU2, Qiufeng × ZAU2 (Fig.6), Feng-1 × ZAU2 and Jingfeng × ZAU2.

* Correspondence Author: Tel:+86-511-85616663, E-mail address: kysz2006@sina.com

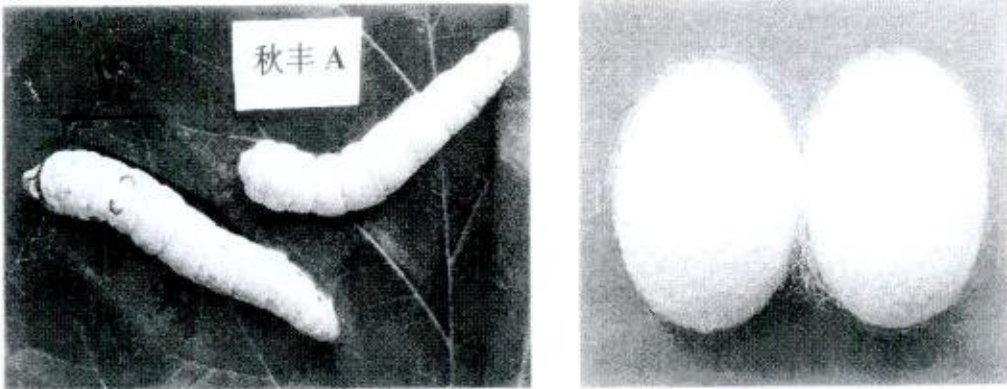


Fig. 1. Chinese parental strains, Qiufeng. Left: Silkworm larvae; Right: Cocoons.

Fig. 1. Souches parentales chinoises, Qiufeng. A gauche : Larves de ver à soie. A droite : Cocoons.

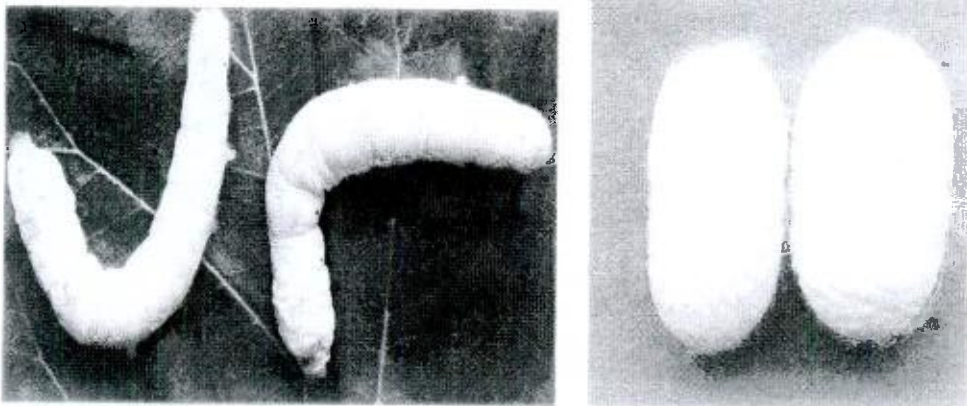


Fig. 2. Japanese parental strains, Baiyun. Left: Silkworm larvae. Right: Cocoons.

Fig. 2. Souches parentales japonaises, Baiyun. A gauche : Larves de ver à soie. A droite : Cocoons.

2. Selections and rearing of races suitable for spinning flat-way silk:

The strong and healthy individuals with excellent characteristics for producing flat-way silk were selected to generate offsprings by mating, being adapted to the rearing conditions in Huzhou, Zhejiang Province, China .

3. Comparison experiments of parent races:

The comparison experiments were carried out in Spring of 2007. Under the common rearing condition, for each silkworm race, the cultures contain 0.5 g of newly-hatched eggs, After that, in

fourth instar, the larvae were separated into groups, 400 larvae in each group and 3 repeats. At maturing stage, by random selection, 100 individuals in a group are tested. Investigation items contained flat-way silk weight after 8 days spinning, weight of the pupal bodies, whole cocoon weight, the silk weight of frame plot.

The flat-way spinning silk rate was calculated by the formula below:

$$\text{The flat-way spinning rate} = \frac{\text{the flat way spinning silk weight}}{\text{cocoon fiber weight}} \times 100$$

$$\text{The index number of pupa weight} = \frac{\text{pupa weight in flat-way spinning}}{\text{pupae weight in folding cocooning}} \times 100$$

Silk weight per 10,000 fourth-instar silkworm spinning flat-way silk (kg) =

$$\frac{\text{Total weight of flat way spinned silk (kg)}}{\text{number of actual silkworms reared}} \times 10000$$

4. Comparison experiment of hybrid combination:

Two comparison experiments were carried out in labs, in autumn of 2007 and in Spring in 2008. The rearing methods and investigation items were exactly the same as that for parent silkworms. The percentage of pupation survival rate is investigated.

5. The technical condition and design of rearing flat-way silkworms:

Influence of temperature on spinning rate:

The silkworm strains Feng1, Zhenong1, and ZAU2 were reared in 20° C, 24° C, 30° C, respectively.

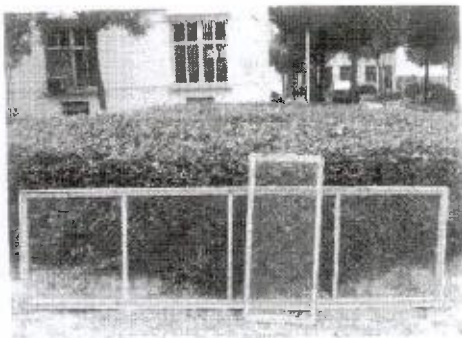


Fig. 3. Two kinds of mounting tools for flat-way spinned cocoons.

Fig. 3. Deux types d'encabanages pour les cocons filés à plat.

Influence of the amount of mulberry leaves on spinning rate:

The silkworm strains Zhenong-1 and the ZAU2 were tested after having been fed two times with mulberry leaves during fifth instar. Four groups were designed for the test, respectively reared with 100, 80, 60 and 40 % amount of mulberry leaves until moulting. Two comparison experiments were carried out in labs in Autumn of 2007 and in Spring of 2008. The methods and investigation items were exactly the same. The percentage of pupation and larva-pupa survival rate were investigated.



Fig. 4. The silkworms on mounting tools and producing flat-way silk.

Fig. 4. Les vers à soie sur les encabanages produisant de la soie filée à plat.



Fig. 5. Production of flat-way silk. Hybrid silkworm race Qingsong × Haiyue for spring rearing.

Fig. 5. Production de soie filée à plat. La race de ver à soie hybride Qingsong × Haiyue pour l'élevage de printemps.

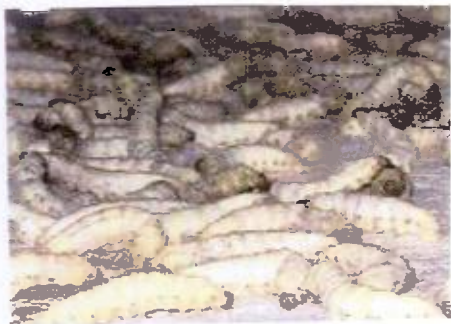


Fig. 6. Production of flat-way silk. Hybrid silkworm race Qifeng × ZAU2 for autumn rearing.

Fig. 6. Production de soie filée à plat. Race de ver à soie hybride Qifeng × ZAU2 pour l'élevage d'automne.

Influence of molting hormone on spinning rate:

Three hundred larvae selected from the hybrid combination Zhenong1 × ZAU2, were reared to mature silkworms in the normal way, adding molting hormone to make the cocooning stage being uniformized. At the same time, the water treatment was used as a negative control. The molting hormone dosage is of 4.8×10^{-6} mg/larva.

Properties of cocooning frames for flat-way spinning of silkworms and their improvements:

Two materials were used to make the flat way-spinning places by Chinese fir wood and steel wire net. The sizes of the utensil for flat-way spinning silk were in the shape of 2400 × 600mm and 840 × 420mm (Fig.3, 4). The former one was used for obtaining big amount of flat-way spinned silk (Fig.7). The latter one was used specifically for comparing the characteristics of the silkworm races in flat-way spinning.

RESULTS AND DISCUSSIONS**1. Silkworm races suitable for spinning flat-way silk:****The parental strains:**

The spinning rate was apparently different in the rearing races. In Chinese races, the producing rate of Xinhang and Zhenong1 are relatively higher, reached 90.30% and 89.17%, respectively. In Japanese strains, the strains AZU2 and Baijun reached 95.34% and 89.85%. However, the production rate of the Haoyue strain was lower, only 62.33 % (Table I).

Table I. Comparison of the silk yield between flat-way cocoon and folding cocoon.**Tableau I. Comparaison du rendement en soie entre le cocon formé à plat et en coque.**

| Race name | Flat way silk weight (g) | Cocoon shell weight (g) | Spinning rate (%) | Pupal weight of flat way cocoon (g) | Pupal weight of folding cocoon (g) | Index of pupal weight |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|---|---|-------------------------|
| Nom de la race | Poids de la soie filée à plat (g) | Poids de la coque soyeuse (g) | Taux de filage (%) | Poids nymphal du cocon formé à plat (g) | Poids nymphal du cocon formé en coque (g) | Indice de poids nymphal |
| Qiufeng | 0.26 | 0.33 | 78.42 | 1.40 | 1.33 | 105.43 |
| Xinhang | 0.34 | 0.37 | 90.30 | 1.19 | 1.25 | 95.36 |
| Feng-1 | 0.30 | 0.40 | 75.43 | 1.40 | 1.30 | 107.80 |
| Zhenong-1 | 0.28 | 0.31 | 89.17 | 1.48 | 1.69 | 87.34 |
| Qingsong | 0.46 | 0.56 | 83.15 | 1.52 | 1.55 | 97.61 |
| Average of Chinese strains | 0.33 | 0.40 | 83.30 | 1.40 | 1.42 | 98.75 |
| <i>Moyenne des souches chinoises</i> | | | | | | |
| Baiyun | 0.25 | 0.31 | 80.25 | 1.30 | 1.20 | 107.64 |
| 54-A | 0.35 | 0.43 | 82.63 | 1.46 | 1.51 | 96.89 |
| Haoyue | 0.27 | 0.43 | 62.33 | 1.26 | 1.25 | 100.64 |
| ZAU-2 | 0.39 | 0.41 | 95.34 | 1.35 | 1.43 | 94.21 |

Table II. The frequency distribution of silkworms without cocooning during the process of spinning.*Tableau II. Fréquence de distribution des vers à soie ne formant pas de cocon au cours du processus de filage.*

| Duration of spinning (h) | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 | 132 | Total |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------|
| <i>Durée du filage (h)</i> | | | | | | | | | | | | |
| Qiufeng | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 17 | 28 | 12 | | | 66 |
| Xinhang | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 19 | 71 | 15 | | | 112 |
| Feng-1 | 41 | 24 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 6 | 16 | | | 93 |
| Zhenong-1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 29 | 17 | | | | 55 |
| Qingsong | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 23 | | | 36 |
| Baiyun | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 9 | 23 | 10 | | | 53 |
| 54-A | 9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 10 | 14 | 21 | 28 | 90 |
| Baiyun | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | 0 |
| Haoyue | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 9 | 7 | 24 |
| ZAU-2 | 2 | 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 5 | 14 | 17 | 5 | | 50 |

The pupa weight index of the flat-way spinning strains is lower than that of the strains cocooning in, the fold-spinning cluster ware, except for the strains Qiufeng, Baoyu and Haoyue. The silkworm individuals may be more active and consume more energy and much water in flat-way spinning. In flat-way spinning stage, some silkworms cannot cocoon. The number of silkworms which cannot cocoon from the strains Baiyun, Haoyue (Japanese) and Qingsong (Chinese) are higher than that of the other strains (Tables I and II).

Influence of temperature on spinning rate:

The experiments showed that temperature played a role in spinning rate. The appropriate temperature is between 23 - 25° C which are fitted for silkworm culture and flat-way spinning (Table IV).

Influence of the amount of mulberry leaves on spinning rate:

In the experiments, we found that the flat-way spinning rate of silk in the well-producing strains used in Spring is lower in average than that of normal strains. With the reducing amount of mulberry leaves, the process of the fifth instar was increased, all economic index of the strains decreased except for the amount of flat-way silk spinning rate, even in feeding 60% amount of mulberry leaves. Compared with feeding 100 % amount of mulberry leaves, when the silkworms were fed with 80% amount of mulberry leaves, the total amount of mulberry leaves reduces 17%, while the amount of flat-way silk only reduces 7%. It illustrates that producing level can be raised by reducing the amount of mulberry leaves in a proper manner (Table V).

Table III. Comparison of the hybrid races of flat-ways silkworms.

Tableau III. Comparaison des races hybrides de ver à soie filant à plat.

| Names (hybrid race) | Without cocooning (No.) | Larva - pupa rate (%) | Spinning amount per 10,000 four-instar (kg) | Spinned rate (%) | Pupation rate | |
|---|--|--------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | | | | | Flat-way mountage | Folding mountage |
| Noms (races hybrides) | Sans formation de cocons (Nbre) | Taux larve - nymphe (%) | Quantité filée pour 10 000 4ème âge (kg) | Taux de filage (%) | Taux de nymphose | |
| | | | | | Encabanage pour filage à plat | Encabanage pour filage en coque |
| Qiufeng × Baiyun | 103 | 92.78 | 2.78 | 82.72 | 83.11 | 93.89 |
| Baiyun × Qiufeng | 95 | 94.92 | 3.12 | 89.41 | 81.56 | 97.44 |
| Average of reciprocal cross <i>Moyenne du croisement réciproque</i> | 98 | 93.85 | 2.96 | 86.07 | 82.33 | 95.67 |
| Jingsong × ZAU2 | 39 | 90.01 | 3.29 | 94.22 | 82.55 | 92.89 |
| ZAU2 × Jingsong | 56 | 89.59 | 3.35 | 92.64 | 80.67 | 95.56 |
| Average of reciprocal cross <i>Moyenne du croisement réciproque</i> | 47.5 | 89.80 | 3.32 | 93.43 | 81.61 | 94.23 |
| Xinhang × ZAU2 | 45 | 90.19 | 3.22 | 87.55 | 78.56 | 94.22 |
| ZAU2 × Xinhang | 48 | 91.95 | 2.82 | 85.41 | 79.22 | 97.00 |
| Average of reciprocal cross <i>Moyenne du croisement réciproque</i> | 46.5 | 91.07 | 3.02 | 86.48 | 78.89 | 95.61 |
| Qiufeng × ZAU2 | 58 | 92.59 | 3.31 | 91.52 | 83.22 | 93.00 |
| ZAU2 × Qiufeng | 76 | 92.37 | 3.11 | 92.59 | 79.22 | 97.00 |
| Average of reciprocal cross <i>Moyenne du croisement réciproque</i> | 67 | 92.48 | 3.22 | 92.06 | 81.22 | 95.00 |

Influence of molting hormone on spinning rate:

Treating with molting hormone, the process of the fifth instar was shortened, the amount of cocoons and silk decreased, however, the rate of spinning was not affected (Tab. VI).

Table IV. Differences on the abilities of silkworms to produce flat-way silk under different temperatures.

Tableau IV. Différence de capacité dans la production de soie plate par les vers à soie à différentes températures.

| Race name | Temperature (° C) | Duration of Spinning (h) | Number of silkworms without cocooning in cocooning stage | Spinning amount (g) | Index |
|-----------------------|-------------------|----------------------------|---|---------------------------|---------------|
| <i>Nom de la race</i> | | <i>Durée du filage (h)</i> | <i>Nombre de vers à soie ne formant pas de cocons pendant le stade de formation de cocons</i> | <i>Quantité filée (g)</i> | <i>Indice</i> |
| Feng-1 | 30 | 96 | 1.10 | 0.20 | 66 |
| | 24 | 114 | 0.50 | 0.30 | 100 |
| | 20 | 126 | 0.30 | 0.28 | 93 |
| Zhenong-1 | 30 | 72 | 0.50 | 0.23 | 81 |
| | 24 | 96 | 0.30 | 0.28 | 100 |
| | 20 | 126 | 0.20 | 0.31 | 110 |
| ZAU2 | 30 | 90 | 0.90 | 0.26 | 67 |
| | 24 | 114 | 0.50 | 0.39 | 100 |
| | 20 | 138 | 0.70 | 0.38 | 96 |

Table V. Influence of the leaves feeding dose on the Flat-way silk spinning rate.

Tableau V. Influence de la dose de feuilles donnée en alimentation sur le taux de filage de la soie plate.

| Leaves feeding (index) | Cocoon weight (index) | Cocoon fiber weight (index) | Cocoon shell rate (index) | Flat-way spinning silk weight (index) | Spinning rate (%) | Pupa weight in folding cocooning mode (index) | Pupa weight in flat-way (index) |
|--|--------------------------------|--|--|---|---------------------------|---|--|
| <i>Alimentation avec les feuilles (indice)</i> | <i>Poids du cocon (indice)</i> | <i>Poids de la fibre de cocon (indice)</i> | <i>Taux de richesse soyeuse (indice)</i> | <i>Poids de la soie filée à plat (indice)</i> | <i>Taux de filage (%)</i> | <i>Poids de la nymphe lors de la formation du cocon en coque (indice)</i> | <i>Poids de la nymphe lors du filage à plat (indice)</i> |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 80 | 91 | 89 | 97 | 93 | 105 | 91 | 89 |
| 60 | 80 | 76 | 95 | 84 | 110 | 81 | 76 |
| 40 | 71 | 65 | 91 | 68 | 106 | 72 | 67 |

Table VI. Influence on flat-way spinning silk of spinning rate by administration of the molting hormone.

Tableau VI. Influence de l'administration d'hormone de mue sur le taux de filage de la soie à plat.

| Treatment | Duration of fifth instar (d:h) | Cocoon weight (g) | Cocoon fiber weight (g) | Cocoon shell rate (%) | Flat-way spinning silk weight (g) | Spinning rate (%) |
|------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Traitement | Durée du 5ème âge (j : h) | Poids du cocon (g) | Poids de la fibre de cocon (g) | Taux de richesse soyeuse (%) | Poids de la soie plate filée (g) | Taux de filage (%) |
| Control / Témoin | 7 : 9 | 1.51 | 0.31 | 20.37 | 0.31 | 99.19 |
| test | 7 : 0 | 1.57 | 0.31 | 19.67 | 0.31 | 99.84 |

Table VII. The characteristics of culture and silk producing in the experiments of silkworm reared in the countryside of Wuzhou city.

Tableau VII. Caractéristiques de l'élevage et de la production de soie dans les expériences d'élevage du ver à soie dans la campagne de Wuzhou.

| Rearing yard | Name of farm | Amount of egg reared (g) | Silk yield (kg) | Average yield (kg) | Amount of eggs reared (g) | Silk yield (kg) | Average yield (kg) | Amount of eggs reared (g) | Silk yield (kg) | Average yield (kg) |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|
| Lieu d'élevage | Nom de la ferme | Quantité d'oeufs élevés (g) | Rendement en soie (kg) | Rendement moyen (kg) | Quantité d'oeufs élevés (g) | Rendement en soie (kg) | Rendement moyen (kg) | Quantité d'oeufs élevés (g) | Rendement en soie (kg) | Rendement moyen (kg) |
| Huanliu village | Zhu xingfan | 12.50 | 9.05 | 9.05 | 12.50 | 8.40 | 8.40 | 25.00 | 12.70 | 6.35 |
| Maojiaqiao village | Ye Jingrong | 12.50 | 8.50 | 8.50 | 12.50 | 7.95 | 7.98 | 18.75 | 12.3 | 8.20 |
| Jingchen village | Jing gensen | 12.50 | 7.75 | 7.75 | 12.50 | 7.90 | 7.90 | 25.00 | 9.20 | 4.60 |
| Total or average Total ou moyenne | | 37.50 | 25.3 | 8.43 | 37.50 | 24.25 | 8.08 | 68.75 | 34.2 | 6.22 |



Fig. 7. The flat-way silk finished product.

Fig. 7. Le produit fini de la soie filée à plat.

2. The frame designed for silkworm to produce flat-way silk:

A frame was designed for silkworm spinning flat-way silk measuring 2400 × 600 mm. After two experiments in large-scale practices in the farm, the results indicated that this shape of frame is suitable for the silkworms to produce flat-way silk. One holder is fitted for one thousand silkworm individuals to spin flat-way silk. The characteristics of silk rearing and production are given in Table VII.

CONCLUSION

The parental strain ZAU2 can increase flat-way silk dramatically. Two offsprings (Qingsong × ZAU2 and Qiufeng × ZAU2) from the strain were obtained by experiments with similar economic characteristics, consisting of well-produced silk. The strain Qingsong × ZAU2 is suitable for culture in Spring, and the strain Qiufeng × ZAU2 is used to Autumn conditions.

The key techniques for rearing flat-way silkworms include strains, temperature, the amount of mulberry leaves and molting hormone.

REFERENCES

- FEI JM, DU X, SHI GF, et.al. Breeding of commercial silkworm (*Bombyx mori*) variety to spin flat-way and its comparison with practical varieties. Bulletin of sericulture China, 2008, 39(4):9~13
- JIANG YH, XU MK & WANG PC. Difference in silk uniformity among silkworm varieties when spinning in flat-way (*Bombyx mori*). Journal of Zhejiang Agricultural University, 1996, 22(4):359~362
- JIANG YH & WANG PC. Difference number of dropped- silkworm in the cocooning stage among silkworm varieties when spinning in flat-way (*Bombyx mori*). Journal of Zhejiang Agricultural University, 1997, 23(4):395~398
- NAKAJIMA T. & MASAYOSHI S. The physical properties of flatways-spinned cocoons and various padding clothe of Japanese obi. Journal Sericultural Science Japan, 1983, 52(2):110~113
- JIANG YH & XU MK. Difference in character of silkworm varieties when spinning in flat-way (*Bombyx mori*). Journal of Zhejiang Agricultural University, 1994, 20(5):505~507
- YU J. Study on cocooning bed of the flat-way in spin. [J] Bulletin of silk, 1943, 516(10):40~52
- ZENG XY & LIU LY. An on trial report of silkworm parent race to flatways-spin. Chinese sericulture, 2008, 29(1):30~32.

CARACTERISTIQUES DES SOUCHES DE VERS A SOIE FILANT LA SOIE A PLAT

FEI JIEMING¹ & KUAI YUANZHANG^{2*}

1. Academy of Agricultural Sciences, Huzhou City, Huzhou 313 000, Zhejiang, Chine.
2. Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, Chine.

On choisit et on élève des souches originelles de vers à soie et la descendance de deux hybrides Qingsong × Haiyue et Qiufeng × ZAU2, pouvant s'adapter à l'environnement local, en fonction des caractéristiques génétiques des vers à soie filant de la soie à plat. Par ailleurs, dans cet article nous présentons la technique de production de soie à plat par les vers à soie et la technique d'industrialisation.

Récemment, la soie plate que l'on utilise pour de nouvelles applications par rapport à la soie traditionnelle a reçu beaucoup d'attention. On définit la soie plate, ou cocons de forme plate, comme de la soie dont la forme change, filée directement à plat par les vers à soie sur un cadre. La composition de la soie plate est spéciale en raison des caractéristiques de sa texture interne naturelle, de sa distribution uniforme et parce qu'elle ne peut pas être détruite par des forces externes. La soie peut donc être transformée en courtepintes en fibres de cocons de qualité, en tissus pour la décoration hauts de gamme, en articles artisanaux, pour la calligraphie chinoise et pour la peinture sur soie, etc...

On a rapporté la production de soie plate il y a longtemps au Japon (Yugu, 1943). Dans les années 1940, une petite quantité de soie plate était produite principalement pour les kimonos japonais. Au cours des années, on a présenté et on a discuté de sa nature, de sa fonction et de la valeur de son utilisation (Tetsuo Masayoshi, 1983). A Taiwan, 90 % de la soie plate est transformée en courtepintes en fibres de cocons. Cependant, le taux de filage des variétés courantes de vers à soie est faible, seulement 70 à 80 % (Zu Mk, Jiang, Yh et coll., 1996, Fei Jm, Du X. et coll., 2008). Par conséquent, l'aspect fondamental dans la production de soie plate est l'augmentation du taux de filage. Le taux est lié à la génétique. Les gènes pour produire de la soie plate sont susceptibles d'exister sur le 20^{ème} chromosome du ver à soie (Nakajima T., 1983). Ces résultats permettent de sélectionner et d'élever les races de ver à soie capables de filer de la soie plate.

Dans cet article, l'auteur présente le processus de sélection des variétés parentales et des combinaisons hybrides, la technique de filage de la soie plate et la technique d'industrialisation.

MATERIELS ET METHODES

1. Souches de ver à soie :

Les souches parentales chinoises utilisées sont Qiufeng (Fig. 1), Xinhang, Feng-1, Zhenong-1 et Jingsong. Les souches parentales japonaises utilisées sont ZAU2, Baiyu (Fig. 2), Baiyun, 54A et Haiyue.

Les combinaisons hybrides réalisées sont Qingsong × Haiyue (Fig. 5), Qiufeng × Baiyue, Xinhang × ZAU2, Qiufeng × ZAU2 (Fig. 6), Feng-1 × ZAU2 et Jingsong × ZAU2.

* Auteur auquel adresser la correspondance : Tel : + 86-511-85616663, Email : kyz2006@sina.com

2. Sélection et élevage des races adaptées au filage de soie plate :

On sélectionne des individus forts et sains avec d'excellentes caractéristiques pour produire de la soie plate pour générer une descendance par accouplement, adaptée aux conditions d'élevage d'Huzhou, dans la province de Zhejiang, en Chine.

3. Expériences comparatives avec les races parentales :

On procède aux expériences comparatives pendant le printemps 2007. Dans des conditions d'élevage habituelles, les élevages pour chaque race de ver à soie contiennent 0,5 g d'œufs de vers à soie venant d'éclore. Après cela, pendant le quatrième âge, on sépare les larves dans différents groupes de 400 larves chacun, avec 3 répétitions. Au stade de maturation, on teste 100 individus dans un groupe, que l'on choisit de manière aléatoire. Les paramètres étudiés sont le poids de la soie plate au bout de 8 jours de filage, le poids des chrysalides, le poids du cocon, le poids de la soie filée sur cadre.

On calcule le taux de filage de la soie plate d'après la formule ci-dessous :

$$\text{Taux de filage de la soie plate} = \frac{\text{Poids de la soie plate filée}}{\text{Poids de la fibre de cocon}} \times 100$$

$$\text{Indice de poids de la chrysalide} = \frac{\text{Poids de la chrysalide filant de la soie plate}}{\text{Poids de la chrysalide du cocon en coque}} \times 100$$

Poids de la soie pour 10 000 vers à soie du 4^{ème} âge filant de la soie plate =

$$\frac{\text{Poids total de la soie plate filée (kg)}}{\text{Nbre de vers à soie réellement élevés}} \times 10000$$

4. Expériences comparatives avec les combinaisons hybrides :

On procède à deux expériences comparatives dans les laboratoires en automne 2007 et au printemps 2008. Les méthodes d'élevage et les paramètres étudiés sont exactement les mêmes que pour les vers à soie parentaux. On étudie le pourcentage de survie des chrysalides.

5. Conditions techniques et conception de l'élevage des vers à soie filant à plat :

Influence de la température sur le taux de filage :

On élève les souches de vers à soie, Feng1, Zhenong1 et ZAU2 respectivement à 20° C, 24° C et 30° C.

Influence de la quantité de feuilles de mûrier sur le taux de filage :

On teste les souches de ver à soie Zhenong-1 et ZAU2 après les avoir nourries deux fois avec des feuilles de mûrier pendant le 5^{ème} âge. On conçoit quatre groupes pour l'expérience, que l'on élève respectivement avec 100, 80, 60 et 40 % de feuilles de mûrier jusqu'à la mue. On procède à deux expériences comparatives en laboratoire en automne 2007 et au printemps 2008. Les méthodes et les paramètres étudiés sont exactement les mêmes. On étudie le pourcentage de nymphose et de survie larve – nymphe.

Influence de l'hormone de mue sur le taux de filage :

On élève normalement trois cent larves de la combinaison hybride sélectionnée Zhenong 1 × ZAU2 jusqu'au stade de ver mûrs, en ajoutant une hormone de mue pour uniformiser le stade de formation de cocons. Parallèlement, on utilise un traitement à l'eau comme témoin négatif. Le dosage de l'hormone de mue est de $4,8 \times 10^{-6}$ mg / larve.

Propriétés des cadres pour le filage à plat des vers à soie et améliorations :

On utilise deux matériaux pour réaliser les cadres pour filer la soie plate : du bois de pin chinois et du grillage en acier. Les tailles des cadres pour filer la soie plate font 2400×600 mm et 840×420 mm (Figs. 3, 4). Le premier est utilisé pour obtenir une grosse quantité de soie filée à plat (Fig. 7). Le dernier est utilisé spécifiquement pour comparer les caractéristiques des races de ver à soie filant de la soie plate.

RESULTATS ET DISCUSSION

I. Races de vers à soie adaptées au filage de la soie à plat :

Souches parentales :

Le taux de filage est apparemment différent selon les races. Chez les races chinoises, les taux de production de Xinhang et Zhcnong 1 sont relativement supérieurs et atteignent respectivement 90,30 % et 89,17. Chez les souches japonaises, les souches AZU2 et Baijun atteignent 95,34 % et 89,85 %. Cependant, le taux de production de la race Haoyue est plus faible, seulement 62,33 % (Tableau I). L'indice de poids nymphal des souches filant à plat est plus faible que celui des souches formant leurs cocons dans des encabanages, sauf pour les souches Qiufeng, Baoyu et Haoyue. Les vers à soie pourraient être plus actifs et consommer plus d'énergie et d'eau lors du filage à plat. Pendant le stade de filage à plat, certains vers à soie ne forment pas de cocons. Le nombre de vers à soie qui ne forment pas de cocons chez les souches Baiyun, Haoyue (japonaises) et Qingsong (chinoises) est plus élevé que chez les autres souches.

Influence de la température sur le taux de filage :

Les expériences montrent que la température joue un rôle par rapport au taux de filage. La température appropriée se situe entre 23 et 25° C, elle est adaptée à l'élevage du ver à soie et au filage à plat (Tableau IV).

Influence de la quantité des feuilles de mûrier sur le taux de filage :

Dans les expériences, nous avons observé que le taux de filage de la soie à plat chez les souches dont le taux de production est bon, utilisées au printemps est plus faible en moyenne que celui des souches normales. En réduisant la quantité de feuilles de mûrier, la durée du 5^{ème} âge augmente, tous les indices économiques des souches baisse sauf le taux de filage à plat de la soie, même avec une alimentation avec 60 % de feuilles de mûrier. Par comparaison, avec l'alimentation avec 100 % de feuilles de mûrier, quand on nourrit les vers à soie avec 80 % de feuilles de mûrier, la quantité totale de feuilles de mûrier diminue de 17 %, tandis que la quantité de soie plate produite ne diminue que de 7 %. Cela montre qu'on peut augmenter le taux de production en diminuant la quantité de feuilles de mûrier de manière correcte (Tableau V).

Influence de l'hormone de mue sur le taux de filage :

Le traitement avec l'hormone de mue raccourcit la durée du 5^{ème} âge, diminue la quantité de soie et de cocons, cependant, le taux de filage n'est pas affecté (Tableau VI).

2. Conception du cadre pour la production de soie plate par le ver à soie :

On conçoit un cadre pour le filage de la soie plate faisant 2400 × 600 mm. Après deux expériences à grande échelle dans les fermes, les résultats indiquent que le cadre de cette forme est adapté pour produire de la soie plate. Un des cadres est adapté pour le filage de soie plate par 1000 vers à soie. Les caractéristiques de l'élevage et de la production de soie sont présentées dans le Tableau VII.

CONCLUSION

La souche parentale ZAU2 peut augmenter considérablement la production de soie plate. On a obtenu deux descendants (Qingsong × ZAU2 et Qiufeng × ZAU2) de la souche par les expériences aux caractéristiques économiques similaires, c'est-à-dire un bon taux de production. La souche Qingsong × ZAU2 est adaptée pour l'élevage du printemps et la souche Qiufeng × ZAU2 est utilisée en automne.

Les techniques clé pour élever les vers à soie filant à plat, comprennent les souches, la température, la quantité de feuilles de mûrier et l'hormone de mue.

STUDIES ON HYBRID VIGOUR IN DIFFERENT CROSSES OF THE ERI SILKWORM, *SAMIA RICINI* DONOVAN AND IDENTIFICATION OF SUPERIOR HYBRIDS

Y. DEBARAJ, N. IBOTOMBI SINGH¹, L. SOMEN SINGH² & RAVINDRA SINGH

Regional Sericultural Research Station, Jorhat-785005, India.

1. Central Muga Eri Research & Training Institute, Jorhat-785700, India.

2. Regional Tasar Research Station, Imphal-795002, India.

Six breeds of eri silkworm, Samia ricini Donovan viz., Yellow Plain (YP), Greenish Blue Plain (GBP), Yellow Zebra (YZ), Greenish Blue Zebra (GBZ), Yellow Spotted (YS) and Greenish Blue Spotted (GBS) were evaluated. Manifestation of hybrid vigour in thirty hybrids over mid parent value and better parent value demonstrated that three hybrids viz., YZ × GBS, GBZ × YP and GBZ × GBP were found to be good heterotic hybrids exhibiting significant hybrid vigour for six traits over mid parent values out of the eleven traits whereas four hybrids viz., YZ × GBS, GBZ × YP, GBZ × GBP and GBZ × YZ manifested significant hybrid vigour over better parent values for four traits. Four hybrids viz., YZ × GBS, YS × GBS, GBS × GBZ and YZ × YS recorded average evaluation index values > 50 and YZ × GBS ranked first with evaluation index value of 57.71. Significance of this study has been discussed.

Keywords: Evaluation index value, eri silkworm, hybrid vigour

INTRODUCTION

The main purpose of crossing in silkworm is to produce superior cross combinations by use of hybrid vigour in order to maximize yield and productivity per unit area. The phenomenon of heterosis has been fully exploited in both plant and animal kingdom. Globally, spectacular progress has been witnessed in quality cocoon production and productivity of mulberry cocoon crops through the exploitation of hybrid vigour (Tayade, 1987; Jayaswal *et al.*, 1992; Ravindra Singh *et al.*, 1998; 2000; 2006; Suresh Kumar *et al.*, 2006). In sericulture, many traits are considered important as each of them contributes in different degrees in increasing the yield. However, the economic importance of different traits is not similar and all the yield contributing traits are rarely superior in a single hybrid combination. Thus, it is necessary to identify the superior hybrids based on cumulative effect of various traits (Narayanaswami *et al.*, 2002). Several methods are employed for simultaneous evaluation of multiple traits. Among the various evaluation methods used in silkworms, Multiple Trait Evaluation Index (E.I.) method of Mano *et al.* (1993) has been extensively used for selection of promising hybrids (Singh and Subba Rao, 1998; Naseema Begum *et al.*, 2000; Rajalakshmi *et al.*, 2000; Sudhakara Rao *et al.*, 2001; Ramesh Babu *et al.*, 2002; Kariappa and Rajan, 2005; Nazia Choudhary and Ravindra Singh, 2006). The documented literature on the studies of combining abilities and exploitation of hybrid vigour for cocoon yield increase in eri silkworms is very scanty (Nagaraja and Govindan, 1994). In eri silkworms, the exploitation of hybrids for production of commercial cocoons has not been employed yet. The present study is an attempt to examine the expression of heterosis in the important yield contributing traits in hybrids of eri silkworm involving six inbred strains.

MATERIALS AND METHODS

Six inbred strains of eri silkworm, *Samia ricini* Donovan viz., Yellow Plain (YP), Greenish Blue Plain (GBP), Yellow Zebra (YZ), Greenish Blue Zebra (GBZ), Yellow Spotted (YS) and Greenish Blue Spotted (GBS) were crossed in all possible ways including reciprocals and 30 crosses were raised. These crosses along with the parents were reared indoor on castor leaves in a randomised block design with three replications each and after III moult, 300 larvae were retained in each replication. Data were recorded for fecundity, hatching, larval weight, effective rate of rearing (ERR), cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell percentage and absolute silk yield in both parents and hybrids.

(i) Effective Rate of Rearing (ERR %) was calculated as follows:

$$\text{ERR} = \frac{\text{Number of live cocoons harvested}}{\text{Number of worms reared}} \times 100$$

(ii) Eri cocoons being unreelable, whole cocoon shell is utilized in spinning of silk threads and Absolute Silk Yield (ASY) in grams was calculated as follows:

$$\text{ASY} = \text{Single cocoon shell weight (g)} \times \text{Effective rate of rearing}$$

(iii) Heterotic effect in percentage over mid parent value and over better parent value were calculated as per the following formulae:

$$1) \text{ Heterosis over mid parent value (MPV)} = \frac{\text{F1} - \text{MPV}}{\text{MPV}} \times 100$$

$$2) \text{ Heterosis over better parent value (BPV)} = \frac{\text{F1} - \text{BPV}}{\text{BPV}} \times 100$$

(iv) Multiple trait evaluation index (E.I.) method of Mano *et al.* (1993) was employed to identify superior hybrids as follows:

$$\text{Evaluation Index (E. I)} = \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{C}} \times 10 + 50$$

Where, F1 = value of hybrid,

A = individual value of the hybrid,

B = average value of the particular trait of the hybrids,

C = standard deviation of the particular trait,

10 = standard unit,

50 = fixed value.

Evaluation index values for individual characters for each hybrid were calculated and average cumulative index value of the eight characters under study was obtained. The hybrid which recorded average index values of > 50 was considered for selection and the hybrid which recorded average index value of < 50 were considered inferior.

RESULTS AND DISCUSSION

The expression of significant hybrid vigour in certain hybrids out of the thirty hybrids over mid parent value and better parent value are presented in Table I & II respectively. Three hybrids i.e., YZ × GBS, GBZ × YP and GBZ × GBP emerged as good heterotic hybrids which expressed significant heterosis in six traits over mid parent values out of the eleven traits while four hybrids viz., YZ × GBS, GBZ × YP, GBZ × GBP and GBZ × YZ manifested significant heterosis over better parent values in four traits out of eleven traits. In fecundity, the hybrid GBS × GBZ showed the highest heterotic effect (39.21 %) followed by YP × GBP (24.87 %) over mid parent value. Maximum significant heterotic effect over mid parent value for female cocoon weight was exhibited by GBS × YS (19.24 %) followed by YZ × GBS (16.39 %). For male cocoon shell weight highest significant hybrid vigour over mid parent value was shown by GBZ × GBP (37.73 %) followed by GBZ × YP (36.17 %) while maximum significant hybrid vigour for this trait over better parent value was shown by GBZ × GBP (29.66 %) followed by GBZ × YP (24.68 %). Highest significant hybrid vigour over mid parent value for female cocoon shell weight was manifested by YZ × GBS (37.84 %) followed by GBZ × YZ (32.69 %). Highest hybrid vigour for male cocoon shell ratio over mid parent value was noticed in GBZ × YZ (27.55 %) followed by GBZ × GBP (24.72 %). For absolute silk yield, maximum heterotic effect over mid parent value was recorded in GBS × GBZ (48.49 %) while the hybrid GBS × GBZ also exhibited highest heterotic effect (44.45 %) over better parent value.

In effective rate of rearing none of the hybrids showed significant heterosis. For fecundity, eight hybrids exhibited significant hybrid vigour over mid parent value. Seven hybrids were found possessing significant heterosis for absolute silk yield over mid parent value while only three hybrids exhibited significant hybrid vigour for this trait over better parent value. It was observed that expression of hybrid vigour was very high in some of the economic characters. It was to be noted that GBS and GBZ were good hybrid combination for absolute silk yield and these two strains were found to be involved either as male or female parent in most of the hybrids exhibiting economic traits like absolute silk yield in GBS × GBZ over MPV (48.49 %) and over BPV (44.45 %), fecundity in GBS × GBZ (39.21 %), female cocoon shell weight in YZ × GBS (37.84 %) and male cocoon shell weight in GBZ × GBP (37.73 %). Manifestation of hybrid vigour has been studied in mulberry silkworm for identification and evaluation of prospective hybrids for commercial exploitation (Datta, 1984; Ravindra Singh *et al.*, 1998; 2000; 2001; 2005). It was to be noted that a few of the hybrids which recorded significant positive heterotic effects in fecundity also manifested heterotic effects in absolute silk yield while a few of the hybrids which did not exhibit significant heterotic effects in fecundity revealed significant heterotic effects in absolute silk yield. The present results are in conformity with that of Manohar Reddy *et al.* (2010) in case of certain hybrids of eco races of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta*. The productivity enhancement in all commercially or economically important traits is not achievable since productivity and survivability of a breed are negatively correlated (Moorthy *et al.*, 2007).

The evaluation index values of the seven hybrids i.e., YP × GBZ, YZ × GBS, GBZ × YS, YS × GBS, YZ × YS, GBZ × YP and GBS × GBZ which exhibited significant heterotic effects in maximum traits are shown in Table III. Among the seven hybrids, four hybrids viz., YZ × GBS, YS × GBS, GBS × GBZ and YZ × YS recorded average E. I. values of > 50 (51.93 to 57.71) and they were rated as the best hybrids with the hybrid YZ × GBS ranking first. YZ × GBS exhibited individual E.I. values of > 50 in nine traits out of the eleven traits followed by YZ × YS, YS × GBS and GBS × GBZ which showed individual E.I. values > 50 in 8, 7 and 6 traits respectively. The average E.I. values fixed for the selection of a hybrid is > 50 and the hybrids possessing E.I. value > 50 were considered to have greater economic values. These promising four hybrids can be exploited for better prospects of eri culture. In silkworms, many traits are considered economically important since each of them contributes to silk yield.

Table I. Hybrids showing significant heterosis (%) over mid parent value in eri silkworm.

Tableau I. Hybrides présentant une hétérosis significative (%) par rapport à la valeur du parent médian chez le ver à soie eri.

| Crosses | Fecundity | H (%) | Larval Wt. | ERR (%) | Cocoon weight | | Cocoon shell weight | | Silk ratio (%) | | ASY |
|-------------|-----------|--------|----------------|---------|----------------|---------|---------------------------|---------|----------------------|---------|---------|
| | | | | | Male | Female | Male | Female | Male | Female | |
| Croisements | Fécondité | | Poids larvaire | | Poids du cocon | | Poids de la coque soyeuse | | Richesse soyeuse (%) | | |
| | | | | | Mâle | Femelle | Mâle | Femelle | Mâle | Femelle | |
| YP × GBP | 24.87** | -11.20 | 1.80 | -0.37 | 4.56 | 3.77 | 1.67 | -1.81 | 0.03 | -2.25 | 25.17* |
| YP × GBZ | 14.82* | 2.06 | -4.64 | -1.87 | -0.11 | 3.77 | 5.67 | 4.92 | 6.00 | 1.40 | 25.69* |
| YP × YS | 11.59* | 1.77 | 3.54 | -0.93 | -7.13 | -5.86 | -10.64 | -10.39 | -3.70 | -3.41 | 0.65 |
| YP × GBS | 14.00* | 0.47 | 5.07 | -1.11 | 4.06 | 3.03 | 3.27 | 0.68 | 0.90 | 2.73 | 15.06 |
| GBP × YZ | 15.99* | 1.33 | -6.96 | -0.37 | 4.11 | 7.60 | 5.05 | 6.55 | -0.39 | 2.17 | 18.94 |
| GBP × GBS | 14.85* | -1.34 | 3.65 | -3.73 | 5.01 | 10.22* | -1.50 | -0.00 | -6.36 | -1.54 | 8.67 |
| YZ × GBZ | 7.53 | 0.79 | -5.42 | -0.38 | -0.96 | 10.00* | 5.71 | 13.92 | 6.91 | 3.70 | 21.07* |
| YZ × GBS | -11.67 | -1.52 | -1.31 | 0.37 | 8.47* | 16.39* | 34.07** | 37.84** | 25.41** | 24.47** | 16.57 |
| YS × GBS | -16.94 | 2.75 | 2.41 | -0.56 | 1.63 | 3.70 | 14.86* | 4.29 | 11.98 | 6.00 | -8.98 |
| GBZ × YP | -7.25 | 3.45 | -2.46 | -0.75 | 9.05* | 8.98 | 36.17** | 29.84** | 25.23** | 20.81** | 30.47** |
| GBZ × GBP | -1.74 | 2.47 | 3.43 | -1.13 | 9.04* | 5.25 | 37.73** | 23.03** | 24.72** | 20.73** | 32.79** |
| YS × GBP | 12.24* | 6.79 | 1.28 | -0.94 | -7.66 | -4.29 | -9.16 | -10.63 | -2.94 | -3.87 | 5.03 |
| GBZ × YZ | -17.87 | -1.14 | -8.77 | 0.00 | 4.90 | 7.66 | 33.57** | 32.69** | 27.55** | 23.55** | 9.28 |
| YS × GBZ | 4.94 | 3.91 | 5.44 | -0.19 | 6.86 | 9.64 | 14.84* | 24.23** | 7.36 | 13.61 | 36.59** |
| GBS × GBZ | 39.21** | 0.57 | -6.28 | 1.13 | 8.27* | 4.95 | 2.81 | -1.08 | -3.61 | -3.15 | 48.49** |
| GBS × YS | -19.76 | 4.01 | 8.10* | -0.56 | 5.26 | 19.24* | 11.65 | 2.86 | 7.28 | -1.28 | -10.84 |

ERR: Effective rate of rearing / Taux effectif d'élevage. ASY-Absolute silk yield / Rendement absolu en soie.

*and** significant at 5% and 1% level respectively. / * et ** respectivement significatif au seuil de 5 % et de 1 %.

Table II. Hybrids showing significant heterosis (%) over better parent value in eri silkworm.

Tableau II. Hybrides présentant une hétérosis significative (%) par rapport à la valeur du meilleur parent chez le ver à soie eri.

| Crosses | Fecundity | H (%) | Larval Wt. | ERR | Cocoon weight | | Cocoon shell weight | | Silk ratio (%) | | ASY |
|-------------|-----------|--------|----------------|-------|----------------|---------|---------------------|---------|----------------------|---------|---------|
| | | | | | Male | Female | Male | Female | Male | Female | |
| Croisements | Fécondité | | Poids larvaire | | Poids du cocon | | Poids de la coque | | Richesse soyeuse (%) | | |
| | | | | | Mâle | Femelle | Mâle | Femelle | Mâle | Femelle | |
| YP × GBP | 11.55* | -14.15 | -1.17 | -1.10 | 2.85 | 2.08 | -1.30 | -5.23 | 0.00 | -3.02 | 11.59 |
| GBP × GBS | 13.11* | -4.06 | -0.17 | -3.73 | -2.94 | -5.75 | -9.66 | -11.63 | -9.40 | -2.82 | -0.95 |
| YZ × GBS | -22.01 | -1.63 | -6.94 | 0.00 | -0.54 | 1.21 | 20.39** | 24.39** | 21.15** | 22.89** | -6.65 |
| GBZ × YP | -11.20 | 1.45 | -5.30 | -2.57 | 2.95 | 4.48 | 24.68** | 23.75** | 21.14** | 19.33* | 9.69 |
| GBZ × GBP | -8.62 | 1.00 | 3.43 | -2.24 | 4.58 | -0.67 | 29.66** | 13.37 | 20.69** | 20.27** | 24.18** |
| GBZ × YZ | -23.47 | -2.37 | -10.76 | -0.75 | -0.21 | 3.55 | 23.03** | 25.00** | 23.24** | 20.87** | -10.60 |
| YS × GBZ | 3.60 | 2.46 | -0.11 | -0.38 | 5.46 | 8.26 | 14.84* | 22.97** | 5.89 | 10.99 | 29.75** |
| GBS × GBZ | 31.33** | -0.79 | -9.74 | 0.00 | 4.16 | -5.53 | 0.00 | -5.52 | -3.62 | -4.04 | 44.45** |
| GBS × YS | -25.21 | 1.19 | 6.26* | -1.49 | 2.56 | 8.57 | 8.59 | -2.70 | 5.80 | -2.67 | -17.49 |

ERR: Effective rate of rearing / Taux effectif d'élevage. ASY-Absolute silk yield / Rendement absolu en soie.
 *and** significant at 5% and 1% level respectively / * et ** respectivement significatif au seuil de 5 % et 1 %.

Table III. Evaluation indices for seven crosses of eri silkworm strains.
Tableau III. Indices d'évaluation pour sept croisements de souches du ver à soie eri.

| Crosses | Fecundity | H (%) | Cocoon Weight | | Cocoon shell weight | | SR (%) | | ASY | E. I | | |
|-------------|-----------|--------|----------------|--------|---------------------------|---------|----------------------|---------|--------|--------|--------|---------|
| | | | Larval weight | ERR | Male | Female | Male | Female | | | Male | Female |
| Croisements | Fécondité | | Poids du cocon | | Poids de la coque soyeuse | | Richesse soyeuse (%) | | | | | |
| | | | Poids larvaire | | Mâle | Femelle | Mâle | Femelle | | | Mâle | Femelle |
| YP × GBZ | 43.73 | 60.22# | 58.96 | 55.37 | 38.77 | 37.55 | 30.00 | 31.37 | 33.54 | 45.05 | 37.39 | 42.90 |
| YZ × GBS | 44.48 | 47.68 | 63.13 | 65.61# | 70.10# | 60.79 | 58.57# | 65.12# | 51.04 | 51.80 | 56.51 | 57.71* |
| GBZ × YS | 40.52 | 31.91 | 63.00 | 53.08 | 53.36 | 65.11# | 58.57# | 50.12 | 58.43 | 32.30 | 42.65 | 49.91 |
| YS × GBS | 47.78 | 58.35 | 62.10 | 50.80 | 47.65 | 51.22 | 46.19 | 54.50 | 52.71 | 53.05 | 48.79 | 52.10 |
| YZ × YS | 58.72 | 51.07 | 61.46 | 33.74 | 48.98 | 41.37 | 50.95 | 52.62 | 55.52 | 64.05# | 52.72 | 51.93 |
| GBZ × YP | 46.57 | 43.44 | 60.73 | 48.55 | 42.55 | 44.75 | 47.62 | 50.12 | 39.06 | 56.80 | 44.44 | 47.69 |
| GBS × GBZ | 68.57# | 57.34 | 63.46# | 42.85 | 48.98 | 49.06 | 57.14 | 46.37 | 60.00# | 47.05 | 67.48# | 55.30 |

Highest index for the trait / *Indice le plus élevé pour le caractère.* * Highest evaluation index / *Indice d'évaluation le plus élevé.*
 ASY- Absolute silk yield / *Rendement absolu en soie.*
 E.I.- Evaluation index / *Indice d'évaluation.*

Thus, it will be fair to make a decision jointly in selecting the promising hybrids based on a number of important yield contributing traits by a common index giving equal weightage to all the traits (Mano *et al.*, 1993; Bhargava *et al.*, 1993; 1994; Rajalakshmi *et al.*, 2000). The results of the present study indicate the potential for exploitation of hybrid vigour for quantitative traits to increase silk yield and selection of superior parents/hybrids for breeding in eri culture.

REFERENCES

- BHARGAVA S.K., THIAGARAJAN V. & MAJUMDAR M.K. (1993) Impact of silkworm hybrids on reeling parameters. *The Indian Textile Journal*, 104 (3), 66-69.
- BHARGAVA S.K., RAJALAKSHMI E. & THIAGARAJAN V. (1994) An evaluation index for silk yield contributing traits in *Bombyx mori* L. *The Indian Textile Journal*, 105 (11), 83-84.
- DATTA R.K. (1984) Improvement of silkworm races (*Bombyx mori* L.) in India. *Sericologia*, 24 (3), 393-495.
- JAYASWAL K.P., SUDIP KUMAR SEN & SINGH N. I. (1992) Evaluation of some Multi × multi and multi × bivoltine hybrids of silkworm *Bombyx mori* L. *Bull. Seric. Res.*, 3, 21-25.
- KARIAPPA B.K. & RAJAN R.K. (2005) Selection potential of multivoltine parents of silkworm, *Bombyx mori* L. through multiple traits evaluation index method. *J. Exp. Zool. India*, 8 (2), 261-268.
- MANO Y., NIRMAL KUMAR S., BASAVARAJA H.K., MAL REDDY N. & DATTA R.K. (1993) A new method to select promising silkworm breeds/combinations. *Indian Silk*, 31, 53.
- MANOHAR REDDY R., SURESH RAI, SRIVASTAVA A.K., KAR P.K., SINHA M.K. & PRASAD B.C. (2010) Heterotic pattern and commercial prospective of assorted F1 hybrids of Indian tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* Drury. *J. Entomol.* 7(3), 160-167
- MOORTHY S.M., DAS S.K., KAR N.B. & URS S.R. (2007) Breeding of bivoltine breeds of *Bombyx mori* suitable for various climatic conditions of tropics. *Int. J. Ind. Entomol.* 14 :99-105.
- NAGARAJA M. & GOVINDAN R. (1994) Combining ability estimates in the eri silkworm, *Samia cynthia ricini* Boisduval, for larval and cocoon traits. *Sericologia*, 34 (3), 455-460.
- NARAYANASWAMI T. K., ANANTHANARAYANA S.R. & GOVINDAN R. (2002) Studies on heterosis expression among selected multivoltine × bivoltine crosses of silkworm (*Bombyx mori* L.). *Bull. Indian Acad. Seric.*, 6 (10), 72-73.
- NASEEMA BEGUM A., BASAVARAJA H.K., SUDHAKAR RAO P., REKHA M. & AHSAN M.M. (2000) Identification of bivoltine silkworm hybrids suitable for tropical climate. *Indian J. Seric.*, 39 (1), 24-29.
- NAZIA CHOUDHARY & RAVINDRA SINGH (2006) Evaluation of a few polyvoltine × bivoltine hybrids of silkworm *Bombyx mori* L. *Indian J. Seric.*, 5 (1), 62-65.
- RAJALAKSHMI E., CHAUHAN T.P.S., KAMBLE C.K., SRINIVAS B.T. & MAHADEVAIAH B.M. (2000) Evaluation of newly evolved bivoltine hybrids of *Bombyx mori* L. for silk yield contributing traits under hill condition. *Indian J. Seric.*, 39 (1), 21-23.
- RAMESH BABU M., CHANDRASHEKHARAIH LAKSHMI H. & PRASAD J. (2002) Multiple trait evaluation of bivoltine hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L. *Int. J. Indust. Entomol.*, 5 (1), 37-44.
- RAVINDRA SINGH, SUDHAKARA RAO P., KALPANA G.V., BASAVARAJA H. K., AHSAN M.M. & DATTA R.K. (1998) Studies on the hybrid vigour in different crosses of silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 38(1) : 155-158.
- RAVINDRA SINGH, KALPANA G.V., SUDHAKAR RAO P., AHSAN M.M., DATTA R.K. & REKHA M. (2000) Studies on combining ability and heterosis in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Indian J Seric.*, 39 (1), 43-48.
- RAVINDRA SINGH, RACHANA GOEL, RAGHAVENDRA RAO D., REKHA M., PREMALATHA V., AHSAN M.M. & DATTA R.K. (2001) Evaluation of some multivoltine × bivoltine hybrids of the mulberry silkworm *Bombyx mori* L. in two different seasons. *Sericologia*, 41 (2), 231-238.

- RAVINDRA SINGH, SHARMA S. D., RAGHAVENDRA RAO D., CHANDRASHEKHARAN, K., BASAVARAJA H. K. & KARIAPPA B.K. (2005) Line \times tester and heterosis analysis in the silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 44 (1), 92-99.
- RAVINDRA SINGH, BASAVARAJA H. K., KARIAPPA B. K., RAGHAVENDRA RAO D., PREMALATHA V. & GANGOPADHYAY D. (2006) Reciprocal effects in F1 hybrids between multivoltine and bivoltine breeds of the silkworm *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 45 (2), 176-180.
- SINGH T. & SUBBA RAO G. (1998) Multiple trait evaluation index to select useful Silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrid genotypes. Ital. Entomol., 6, 379-382.
- SUDHAKARA RAO P., RAVINDRA SINGH, KALPANA G.V., NISHITA NAIK V., BASAVARAJA H.K., RAMASWAMI G.N. & DATTA, R.K. (2001) Evaluation and identification promising bivoltine hybrids of silkworm (*Bombyx mori* L.) for tropics. Int. J. Indust. Entomol., 3(1), 31-35.
- SURESH KUMAR N., BASAVARAJA H.K., JOGE P.G., MAL REDDY N., KALPANA G.V. & DANDIN S.B. (2006) Development of a new robust bivoltine hybrid (CSR46 \times CSR47) of *Bombyx mori* L. for the tropics. Indian J. Seric., 45 (1), 21-29.
- TAYADE D.S. (1987) Heterosis effect on economic traits of new hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L. under Marathawada conditions. Sericologia, 27 (2), 301-307.

ETUDES SUR LA VIGUEUR HYBRIDE DANS DIFFERENTS CROISEMENTS DU VER A SOIE ERI, *SAMIA RICINI* DONOVAN ET IDENTIFICATION D'HYBRIDES SUPERIEURS

Y. DEBARAJ, N. IBOTOMBI SINGH¹, L. SOMEN SINGH² & RAVINDRA SINGH

Regional Sericultural Research Station, Jorhat – 785 005, Inde.

1. Central Muga Eri Research Station, Jorhat -785 005, Inde.

2. Regional Tasar Reseach Station, Imphal – 795 002, Inde.

On a évalué six lignées du ver à soie eri, Samia ricini Donovan, c'est à dire Yellow Plain (YP), Greenish Blue Plain (GBP), Yellow Zebra (YZ), Greenish Blue Zebra (GBZ), Yellow Spotted (YS) et Greenish Blue Spotted (GBS). La manifestation de la vigueur hybride chez trente hybrides par rapport à la valeur du parent médian et à la valeur du meilleur parent montre que trois hybrides, c'est à dire YZ × GBS, GBZ × YP, GBZ × GPZ × GBP sont de bons hybrides hétérotiques présentant une bonne vigueur hybride pour six caractères par rapport aux valeurs des parents médians sur onze caractères, tandis que quatre hybrides, c'est-à-dire YZ × GBS, GBZ × YP, GBZ × GBP, et GBZ × YZ manifestent une vigueur hybride significative par rapport aux valeurs du meilleur parent pour quatre caractères. Quatre hybrides, c'est-à-dire, YZ × GBZ, YS × GBS, GBS × GBZ et YZ × YS enregistrent des valeurs moyennes pour l'indice d'évaluation > 50 et YZ × GBS se classe premier avec une valeur de l'indice d'évaluation de 57,71. Nous discutons de la signification de cette étude.

INTRODUCTION

Le but principal des croisements chez le ver à soie est la production de combinaisons supérieures en utilisant la vigueur hybride pour maximiser le rendement et la productivité par unité de surface. On a complètement exploité le phénomène de l'hétérosis à la fois dans le règne végétal et le règne animal. Globalement, on a assisté à des progrès spectaculaires en matière production de cocons de qualité et de productivité des récoltes de cocons mûrier par l'exploitation de la vigueur hybride (Tayade, 1987 ; Jayaswal et coll., 1992 ; Rabindra Singh et coll., 1998 ; 2000 ; 2006 ; Suresh Kumar et coll., 2006). En sériciculture, de nombreux caractères sont considérés comme importants, puisque chacun d'eux contribue à l'augmentation du rendement dans différentes mesures. Cependant, l'importance économique de différents caractères n'est pas similaire et tous les caractères contribuant au rendement sont rarement supérieurs chez une combinaison hybride individuelle. Il est donc nécessaire d'identifier des hybrides supérieurs d'après l'effet cumulatif des différents caractères (Narayanaswami et coll., 2002). On emploie plusieurs méthodes pour l'évaluation simultanée de caractères multiples. Parmi les différentes méthodes d'évaluation utilisées chez le ver à soie, la méthode de l'Indice d'Evaluation (E. I.) des Caractères Multiples de Mano et coll., (1993) a été largement utilisée pour la sélection d'hybrides prometteurs (Singh et Subba Rao, 1998 ; Naseema Begum et coll., 2000 ; Rajalakshmi et coll., 2000 ; Sudhakara Rao et coll., 2001 ; Ramesh Babu et coll., 2002 ; Kariappa et Rajan, 2005 ; Nazia Choudhary et Ravindra Singh, 2006). La littérature documentée sur les études d'aptitudes à la combinaison et sur l'exploitation de la vigueur hybride pour l'augmentation du rendement en cocons chez les vers à soie eri est très rare (Nagaraja et Govindan, 1994). Chez les vers à soie eri, on n'a pas encore eu recours à l'exploitation des hybrides pour la production de cocons commerciaux. Cette étude est un essai pour examiner l'expression de

l'hétérosis sur les caractères importants qui contribuent au rendement chez les hybrides du ver à soie eri impliquant six souches consanguines.

MATERIELS ET METHODES

On a croisé six souches consanguines du ver à soie eri, *Samia ricini* Donovan, c'est-à-dire Yellow Plain (YP), Greenish Blue Plain (GBP), Yellow Zebra (YZ), Greenish Blue Zebra (GBZ), Yellow Spotted (YS) et Greenish Blue Spotted (GBS) de toutes les manières possibles, y compris de façon réciproque et on a élevé 30 croisements. On élève ces croisements et les parents à l'intérieur sur des feuilles de ricin selon une conception aléatoire en blocs avec trois répétitions de chaque et après la 3^{ème} mue, on retient 300 larves dans chaque répétition. On enregistre les données pour la fécondité, l'éclosion, le poids de la larve, le taux effectif d'élevage (ERR), le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse et le rendement absolu en soie chez les deux parents et les hybrides.

(i) On calcule le taux Effectif d'Élevage (% ERR) comme suit :

$$\text{ERR} = \frac{\text{Nbre de cocons vivants récoltés}}{\text{Nbre de vers à soie élevés}} \times 100$$

(ii) Les cocons eri n'étant pas dévidables, on utilise toute la coque soyeuse dans le filage des fils de soie et on calcule le Rendement Absolu en Soie en grammes (ASY) comme suit :

$$\text{ASY} = \text{Poids d'une coque (g)} \times \text{Taux effectif d'élevage}$$

(iii) On calcule l'effet hétérotique en pourcentage par rapport à la valeur du parent médian et par rapport à la valeur du meilleur parent d'après la formule suivante :

$$1) \text{ Hétérosis par rapport à la valeur du parent médian (MPV)} = \frac{\text{F1} - \text{MPV}}{\text{MPV}} \times 100$$

$$(2) \text{ Hétérosis par rapport à la valeur du meilleur parent (BPV)} = \frac{\text{F1} - \text{BPV}}{\text{BPV}} \times 100$$

(iv) On emploie la méthode de l'indice d'évaluation (E. I.) des caractères multiples de Mano et coll., (1993) pour identifier les hybrides supérieurs comme suit :

$$\text{Indice d'évaluation (E. I.)} = \frac{\text{A} - \text{B}}{\text{C}} \times 10 + 50$$

Où F1 = valeur de l'hybride

A = valeur individuelle de l'hybride

B = valeur moyenne du caractère particulier des hybrides

C = écart type du caractère particulier

10 = unité standard

50 = valeur fixe

On calcule les valeurs de l'indice d'évaluation pour les caractères individuels pour chaque hybride et on obtient la valeur moyenne de l'indice cumulatif moyen pour les huit caractères étudiés. On considère l'hybride qui enregistre des valeurs moyennes de l'indice > 50 pour la sélection et on considère qu'un hybride qui enregistre une valeur moyenne de l'indice d'évaluation < 50 est inférieur.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'expression d'une vigueur hybride significative chez certains hybrides sur trente hybrides par rapport à la valeur du parent médian et par rapport à la valeur du meilleur parent est présentée respectivement dans les Tableaux I et II. Trois hybrides, c'est-à-dire YZ × GBS, GBZ × YP et GBZ × GBP s'avèrent de bons hybrides hétérotiques qui ont manifesté une hétérosis significative pour six caractères par rapport aux valeurs du parent médian sur onze caractères, tandis que quatre hybrides, c'est-à-dire YZ × GBS, GBZ × YP, GBZ × GBP et GB × YZ manifestent une hétérosis significative par rapport aux valeurs du meilleur parent pour quatre caractères sur onze caractères.

Pour la fécondité, l'hybride GBS × GBZ présente l'effet hétérotique le plus élevé (39,21 %) suivi par YP × GBP (24,87 %) par rapport à la valeur du parent médian. GBS × YS (19,24 %) présente un effet hétérotique significatif maximum par rapport à la valeur du parent médian pour le poids du cocon femelle, suivi par YZ × GBS (16,39 %). Pour le poids de la coque soyeuse mâle, GBZ × GBP (37,73 %) présente la vigueur hybride significative la plus élevée par rapport à la valeur du parent médian, suivi par GBZ × YP (36,17 %), tandis que GBZ × GBP (29,66 %) présente la vigueur hybride significative maximum pour ce caractère par rapport à la valeur du meilleur parent, suivi par GBZ × YP (24,68 %). YZ × GBS (37,84 %) présente la vigueur hybride significative la plus élevée par rapport à la valeur du parent médian pour le poids de la coque soyeuse femelle, suivi par GBZ × YZ (32,69 %). On observe la vigueur hybride la plus élevée pour la richesse soyeuse du cocon mâle par rapport à la valeur du parent médian chez GBZ × YZ (27,55 %), suivi par GBZ × GBP (24,72 %). Pour le rendement absolu en soie, on enregistre l'effet hétérotique maximum par rapport à la valeur du parent médian chez GBS × GBZ (48,49 %), tandis que l'hybride GBS × GBZ présente aussi l'effet hétérotique le plus élevé (44,45 %) par rapport à la valeur du meilleur parent.

Pour le taux effectif d'élevage, aucun des hybrides ne présente d'hétérosis significative. Pour la fécondité, huit hybrides présentent une vigueur hybride significativement supérieure à la valeur du parent médian. Sept hybrides s'avèrent posséder une hétérosis significative pour le rendement absolu en soie par rapport à la valeur du parent médian, tandis que seulement trois hybrides présentent une vigueur hybride significative pour ce caractère par rapport à la valeur du meilleur parent. On observe que l'expression de la vigueur hybride est très élevée pour certains des caractères économiques. On doit noter que GBS et GBZ sont de bonnes combinaisons hybrides pour le rendement absolu en soie et ces deux souches s'avèrent être impliquées soit comme parent mâle ou femelle chez la plupart des hybrides qui présentent des caractères économiques comme le rendement absolu en soie chez GBS × GBZ par rapport à la MPV (48,49 %) et par rapport à la BPV (44,45 %), la fécondité chez GBS × GBZ (39,21 %), le poids de la coque femelle chez YZ × GBS (37,84 %) et le poids de la coque soyeuse mâle chez GBZ × GBP (37,73 %). On a étudié la manifestation de la vigueur hybride chez le ver à soie mûrier pour l'identification et l'évaluation d'hybrides potentiels pour l'exploitation commerciale (Datta, 1984 ; Ravindra Singh et coll., 1998 ; 2000 ; 2001 ; 2005). On doit noter que quelques uns des hybrides qui enregistrent des effets hétérotiques positifs significatifs pour la fécondité manifestent aussi des effets hétérotiques pour le rendement absolu en soie, tandis que quelques uns des hybrides qui ne présentent pas d'effets hétérotiques significatifs pour la fécondité révèlent des effets hétérotiques significatifs pour le rendement absolu en soie. Les résultats actuels sont conformes à ceux de Manohar Reddy et coll., (2010) pour certains hybrides d'écoraces du ver à soie tassar tropical, *Antheraea mylitta*. L'amélioration de la productivité de tous les caractères importants sur le plan commercial ou économique n'est pas réalisable puisque la productivité et la capacité de survie d'une lignée sont corrélées de manière négative (Moorthy et coll., 2007).

Les valeurs de l'indice d'évaluation des sept hybrides, c'est-à-dire YP × GBZ, YZ × GBS, GBZ × YS, YS × GBS, YZ × YS, GBZ × YP et GBS × GBZ qui présentent des effets hétérotiques significatifs pour le maximum de caractères sont présentés dans le Tableau III. Parmi les sept hybrides, quatre hybrides, c'est-à-dire YZ × GBS, YS × GBS, GBS × GBZ et YZ × YS enregistrent des valeurs

moyennes pour l'E. I. > 50 (51,93 à 57,71) et on les considère comme les meilleurs hybrides avec l'hybride YZ × GBS qui se classe premier. YZ × GBS présente des valeurs E. I. individuelles > 50 pour neuf caractères sur onze caractères, suivi par YZ × YS, YS × GBS et GBS × GBZ qui présentent des valeurs E. I. individuelles > 50 pour respectivement 8, 7 et 6 caractères. Les valeurs E. I. moyennes fixées pour la sélection d'un hybride sont > 50 et on considère que les hybrides possédant une valeur E. I. > 50 ont une valeur économique plus importante. On peut exploiter ces quatre hybrides prometteurs pour de meilleures perspectives de l'élevage eri. Chez les vers à soie, on considère que de nombreux caractères sont importants sur le plan économique puisque chacun d'eux contribue au rendement en soie.

Il sera donc juste de prendre une décision d'ensemble pour sélectionner les hybrides prometteurs d'après le nombre de caractères importants contribuant au rendement par un indice commun donnant une pondération égale à tous les caractères (Mano et coll., 1993 ; Bhargava et coll., 1993 ; 1994 ; Rajalakshmi et coll., 2000). Les résultats de cette étude indiquent le potentiel d'exploitation de la vigueur hybride pour les caractères quantitatifs afin d'augmenter le rendement en soie et sélectionner des parents / des hybrides supérieurs pour la sélection dans l'élevage eri.

PHYSIO-BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF TWO MULBERRY GENOTYPES UNDER SEWAGE WATER IRRIGATION

D. M. RAM RAO, M. MUNIRATHNAM REDDY, O. K. GOPINATH & G. S. VINDHYA

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

A field experiment was conducted to analyze the effect of sewage water irrigation on the growth and leaf quality traits of two mulberry genotypes (S-36 and V-1). Also the chemical analysis of sewage water and its influence on soil properties were studied. Data recorded on chemical analysis of water revealed that pH, EC, N, P, K, Fe, Zn, Mn and Cu were found higher in sewage water (T1) compared to bore well water (T0). Similarly, soil pH, EC, OC, P, K, Fe, Zn, Mn, and Cu were also found increased in T1 compared to T0 plot. In general, morphological traits such as plant height, number of shoots / plant, number of nodes/ meter length, leaf yield, shoot yield and biological yield / plant; physiological traits i. e., photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency and total chlorophyll content; biochemical traits i. e., total protein, sugar, starch and amino acid contents in both the genotypes were found increased in T1 compared to T0. However, between two mulberry genotypes, V-1 exhibited superior performance in both T0 and T1 for all the characters studied. A bioassay study with hybrid silkworm race (CSR2×CSR4) showed improvement in silkworm growth and cocoon parameters in T1 as compared to T0. An overview of the study revealed that domestic sewage water irrigation improved the soil fertility status, plant growth and leaf quality traits of mulberry.

Keywords: Sewage water, soil fertility, mulberry growth, leaf quality, silkworm growth.

INTRODUCTION

Sewage water is being used for irrigation, for nearly 10% of the world's crops, according to the first ever global survey of waste water irrigation (Scott *et al.*, 2004). This is a largely hidden practice and is outlawed in many countries. However, many farmers especially those in urban areas, use sewage water because it is abundantly available, even during drought. Sewage water contains full of nitrates and phosphates, which acts as an effective fertilizer to plants. It provides the farmers nutrient rich water supply, with a reliable and inexpensive means of waste water disposal (Rattan *et al.*, 2005). Use of sewage water for irrigation in various proportions improved the organic matter, soil fertility status and metabolic activity of soil microorganisms (Yadav *et al.*, 2002; and Malla *et al.*, 2007). Sewage water irrigation significantly increased plant growth and yield of several crops such as fodder, groundnut, spinach, bean, cauliflower, cabbage and leafy vegetable (Yadav *et al.*, 2002, Banyal and Bhardwaj, 2003, Rattan *et al.*, 2005, Bashir Ahmed *et al.*, 2006 and Zeid and Abouel Ghate, 2007). Also the rate of biosynthesis of chlorophyll a and b, photosynthetic activity and total carbohydrate content in leaves were enhanced in sewage water irrigated plants compared to control (Zeid and Abouel Ghate, 2007). Several scientists have reported that use of sewage water in short run may not be harmful but in the long run after some years, it may cause phyto-toxicity to the plants (Bashir Ahmed *et al.*, 2006 and Malla *et al.*, 2007).

In mulberry, very few reports are available on the use of sewage water irrigation (Surendranath *et al.*, 1997 and Bongale and Krishna 2000). The earlier authors have not studied in detail about the effect of sewage water on the soil nutrients, quantitative and qualitative traits of mulberry and its impact on silkworm rearing. Therefore, the present investigation was carried out with the following objectives 1) to study the chemical analysis of domestic sewage water used 2) to analyze the effect of sewage water on soil properties and 3) to estimate the effect of sewage water on morphological, physiological and biochemical traits of mulberry. Further, to confirm the results a bioassay study was also done with hybrid silkworm race CSR2 × CSR4.

MATERIALS AND METHODS

An experiment was conducted during 2006, in the mulberry garden of Technology Validation and Demonstration Centre (TVDC) of Central Sericultural Research and Training Institute (CSR&TI), Mysore. The S-36 and V-1 mulberry garden of TVDC was established during the year 2002 and some of the mulberry plots, which are near to the domestic sewage channel were often irrigated with sewage water. The leaf yield in sewage water irrigated plot was found high compared to bore well water irrigated plot. The leaves from sewage water treated plots were used for silkworm rearing and cocoon crops were successfully harvested for the last five years. This has made us to study the chemical analysis of sewage water and its effect on soil properties and also its impact on leaf quality traits of mulberry.

For the study, S-36 (1000 m²) and V-1 (1000 m²) mulberry garden were selected and one half of these (500 m²) plots were maintained with sewage water irrigation (T1) and other half plots were maintained with bore well water irrigation (T0) for both the genotypes. In each of 1000m² of S-36 and V-1 mulberry plots a total of 2720 plants with the wider spacing (150cm + 90 cm) × 60 cm was maintained. Before conducting the experiment, water samples of domestic sewage water and bore well water were collected and analyzed for pH and electrical conductivity (EC) by following the method of Jackson (1973) and macronutrients (N, P and K) and micronutrients (Fe, Zn, Mn and Cu) were estimated by following the methods as described by Tandon (1993).

Initially, the plants were pruned 30 cm above the ground level and irrigation was done once in a week for all the mulberry plots. Cultural operation and application of FYM /fertilizers were done as per the norms of CSR&TI, Mysore (Krishnaswami, 1978). After 70 days of pruning, 20 plants were randomly selected in T0 and T1 mulberry plots of S-36 and V-1 and morphological traits such as plant height (cm), number of shoots/ plant, number of nodes /meter length, leaf yield / plant (g), shoot yield/ plant (g) and biological yield/plant (g) were recorded for five crops. Soil and leaf samples were collected from two sources of irrigations (T0 and T1) for five crops. The average of five crops data on leaf yield and yield attributing characters were recorded in T0 and T1 and statistically analyzed.

From the sewage (T1) and bore well (T0) water irrigated mulberry plots, soil samples were collected, processed and analyzed for pH, EC, Organic carbon (OC), macronutrients (available P and K) and micronutrients (Fe, Zn, Mn and Cu). Fresh leaves were also collected (12th - 14th leaf from top) from T0 and T1 plots, to analyze biochemical (leaf quality) traits *i.e.*, Leaf Moisture Content (LMC %) and Moisture Retention Capacity (MRC %) after 6 hrs from harvest, by following the method of Vijayan *et al.*, (1996). Leaf samples collected from T0 and T1 plots were dried at 60° C, powdered and analyzed for total protein content by following Lowry *et al.*, (1951), total amino acid content by adopting ninhydrin method using leucine as standard (Spies, 1955). Nitrogen content was estimated by micro-kjeldahl method (Jackson, 1973). Sugar and starch contents (soluble carbohydrate) were estimated by the method of Dubois *et al.*, (1956) and MC. Cready *et al.*, (1960) respectively. The physiological parameters like photosynthetic rate, transpiration rate were measured using the photosynthetic system (LI-COR, model 6200; Licor Instrument Ins. USA). Water use efficiency (Photosynthesis/ Transpiration) was calculated and total chlorophyll content (mg/gf. wt.)

was estimated by adopting the procedure of Hiscox and Israelstam (1979). Further, to confirm the effect of sewage water on leaf quality traits, a bioassay study was conducted at three different seasons (summer, rainy and winter) with the hybrid silkworm race, CSR2 × CSR4. For the bioassay study, only V-1 leaves from sewage (T1) and bore well (T0) irrigated plots were used separately for feeding the silkworm until spinning. The average of three seasons rearing data on larval duration (days: hours), weight of 10 mature larvae (g), effective rate of rearing (ERR) by number and by weight (g), single cocoon weight (g), single shell weight (g) and shell (%) were recorded for T0 and T1 separately and analyzed statistically (Snedecor and Cochran, 1967).

RESULTS AND DISCUSSION

1. Chemical analysis of domestic sewage and bore well water:

The chemical analysis such as pH, EC, macronutrients (N, P and K) and micronutrients (Fe, Mn, Zn and Cu) was done in bore well (T0) and in domestic sewage water (T1). The analysis was repeated four times by taking samples after 15 days interval. The average of these four repeats were recorded in T0 and T1 are presented in Table I.

The pH of bore well water (T0) and sewage water (T1) recorded was 7.52 and 7.86 respectively, which are considered as within the permissible limit. The pH value ranging from 6.5 - 8.5 was considered as suitable for drinking water and also for irrigation to plants (Indian Standard Institution, 1983). The electrical conductivity (EC) is one of the important traits to evaluate the purity of water. The EC was found low in T0 (0.36m hos/cm) and high in T1 (1.26m hos/cm). The results revealed that both the water samples are within the permissible limits. The macronutrients such as, N, P and K in water were found high in T1 (4.18, 1.26 and 9.47 ppm) and low in T0 (1.55, 0.18 and 5.72 ppm respectively). It was reported that the sewage water contains more macronutrients compared to ground water source (Kakar *et al.*, 2006). The micronutrients *viz.*, Fe, Zn, Mn and Cu were found high in T1 (0.032, 0.040, 0.016 and 0.007 ppm) and low in T0 (0.002, 0.006, 0.002 and 0.003 ppm respectively). Sewage water proved to be a good source of micronutrients (Huma and Khan, 2003). According to Kakar *et al.*, (2006) recorded the range of micronutrients *i.e.*, Fe = 0.55 - 1.00ppm, Zn = 0.08 - 0.21ppm, Mn = 0.14 - 0.23ppm and Cu = 0.03 - 0.07ppm in different sewage waters. In the present study significant difference was observed between the T0 and T1 with regard to macro and micronutrients (Table I).

2. Effect of sewage and bore well water irrigation on soil characters:

The mulberry plots selected for the experiments were irrigated once a week with bore well water (T0) and sewage water (T1) separately. After a period of one year the soil characters *i.e.*, pH, EC, OC, available phosphorus and potassium and micronutrients (Fe, Zn, Mn and Cu) were recorded in the soil of T0 and T1 plots and are presented in Table II.

The soil pH recorded in T0 and T1 are 8.05 and 8.16 respectively. Significant difference in the soil pH was not observed between the two treatments. The marginal increase in soil pH was observed in T1 compared to T0, this might be due to the influence of sewage water, which contains high organic matter, nutrients, phosphates, nitrates and microorganism (Herman and Erranuel, 1987). The EC is one of the important attributes, which influences the soil stability, soil structure and water availability to plants. The EC was found low in T0 (0.30m hos/cm) and high in T1 (0.43 mhos/cm). It was reported that EC levels in soil ranged from 0.1 to 1.0 mhos/cm, which is within the permissible limit and if it is above 1.0 mhos/cm, it may cause problem to soil as well as to plants (Charman and Murphy, 1991). The OC influences the physical structure of the soil, water holding capacity and supply of nutrients. In the present study OC was found high in T1 (0.94%) and low in T0 (0.80%). Most of the sewage waters are suitable for irrigation as they possess high EC ranging from 0.9 to 3.2 mhos/cm and OC ranging from 1.24 to 1.78% (Dubey *et al.*, 2006).

Table I. Chemical analysis of bore well & domestic sewage water.*Tableau I. Analyse chimique de l'eau de puits foré et de l'eau provenant des égouts domestiques.*

| Treatment | pH | EC / CE (m hos / cm) | Macronutrients (ppm) | | | Micronutrients (ppm) | | | |
|---|------|-------------------------|-----------------------|------|------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Traitement | | | Macronutriments (ppm) | | | Micronutriments (ppm) | | | |
| | | | N | P | K | Fe | Zn | Mn | Cu |
| BWI (T0) | 7.52 | 0.36 | 1.55 | 0.18 | 5.72 | 0.002 | 0.006 | 0.002 | 0.003 |
| SWI (T1) | 7.86 | 1.24 | 4.18 | 1.26 | 9.47 | 0.032 | 0.040 | 0.016 | 0.007 |
| Significant "t" Signification de "t" | NS | ** | ** | * | ** | ** | ** | ** | * |

EC: Electric conductivity / CE : Conductivité électrique.

BWI = Bore well water irrigation / Irrigation avec de l'eau de puits foré. SWI = Sewage water irrigation / Irrigation avec de l'eau d'égouts.

NS = Non-Significant / Non significatif. * Significant at 0.05% level / Significatif au seuil de 0,05 %.

** Significant at 0.01 % level / Significatif au seuil de 0,01 %.

Table II. Effect of bore well and sewage water irrigation on soil pH, macro and micro nutrients.*Tableau II. Effet de l'irrigation avec de l'eau de puits foré et avec de l'eau des égouts sur le pH du sol et sur les macro et micro nutriments.*

| Treatment | pH | EC | OC | Available Phosphorus | Available Potassium | Micronutrients (ppm) | | | |
|---|------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|------|-------|------|
| Traitement | | CE (m hos / cm) | Phosphore (%) disponible | Potassium disponible | | Micronutriments (ppm) | | | |
| | | | (kg/ha) | (kg/ha) | | Fe | Zn | Mn | Cu |
| BWI (T0) | 8.05 | 0.30 | 0.80 | 41.27 | 210.45 | 10.05 | 1.56 | 51.14 | 1.74 |
| SWI (T1) | 8.16 | 0.43 | 0.94 | 49.65 | 221.44 | 17.35 | 2.71 | 58.28 | 1.83 |
| Significant "t" Signification de "t" | NS | * | * | ** | * | * | * | * | NS |

OC: Organic carbon / Carbone organique.

BWI = Bore well water irrigation / Irrigation avec de l'eau de puits foré.

SWI = Sewage water irrigation / Irrigation avec de l'eau des égouts.

NS= Non significant / Non significatif.

The available phosphorus and potassium were found high in T1 (49.65kg/ha and 221.44 kg/ha) and low in T0 (41.27 kg/ha and 210.45 kg/ha respectively). The macronutrients of soil increased significantly with prolonged sewage water irrigation (Malla *et al.*, 2007 and Khalil Gardez *et al.*, 2009). The soil micronutrients *i.e.*, Fe, Mn, Zn and Cu were also found high in T1 (17.35, 2.71, 58.28 and 1.83 ppm) and low in T0 (10.05, 1.56, 51.14 and 1.74 ppm respectively). The sewage water which are rich in macro and micronutrients gets accumulated in the soil and this in turn increase the native nutrients present in the soil (Dubey *et al.*, 2006).

3. Effect of sewage water irrigation on physiological characters of mulberry leaves:

The physiological traits such as photosynthetic rate, transpiration rate, water use efficiency and total chlorophyll content estimated in S-36 and V-1 varieties are presented in Table III. The photosynthetic rate in T0 and T1 was high in V-1 (21.16 and 21.42 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), whereas it was low in S-36 (15.64 and 15.90 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ respectively). A marginal increase in photosynthetic rate was observed in T1 compared to T0 in both the varieties. It was reported that application of sewage water positively affected the synthesis of photosynthetic pigments and photosynthetic activity in bean (Zeid and Abouel Ghate, 2007). The transpiration rate in T0 and T1 was found slightly high in S-36 (9.65 and 9.74 $\text{m mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$) compared to V-1 (8.82 and 8.85 $\text{m mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$ respectively). In the present study, significant difference for photosynthetic rate was observed between the varieties but not between the treatments. Whereas, with regard to transpiration rate, significant difference was neither observed between the varieties nor between the treatments. The water use efficiency was found high in V-1 (T0 = 2.39 and T1 = 2.42) and low in S-36 (T0 = 1.62 and T1 = 1.63). High photosynthetic rate and water use efficiency in V-1 indicates the superiority of the variety (Sarkar *et al.*, 2000). The total chlorophyll content was found high in V-1 in T0 and T1 (2.97 and 3.24 mg/g.f. wt), compared to S-36 (2.31 and 2.48 mg/g.f. wt. respectively). It was reported that chlorophyll content increased with the application of sewage water irrigation (Zeid and Abouel Ghate, 2007). In both the varieties high chlorophyll content was observed in T1, which clearly indicates the photosynthetic efficiency of mulberry variety (Sujathamma and Dandin, 2000). Whereas low chlorophyll content in T0 indicates that bore well water may not possess all the required nutrients for the normal growth and physiological activities of plants.

4. Effect of sewage water irrigation on morphological traits of mulberry:

The average of five crops data recorded for different quantitative characters of two varieties, S-36 and V-1 are given in Table IV. In both the varieties leaf yield /plant was found high in T1 (0.84 and 1.38kg/plant) and low in T0 (0.81 and 1.17kg/plant respectively). However, leaf yield and its attributes were high in V-1 compared to S-36 variety. The increase in leaf yield was due to increase of different yield contributing traits. Higher leaf yield in V-1 compared to S-36 variety was primarily due to its high photosynthetic rate and water use efficiency (Sarkar *et al.*, 2000). In general, morphological traits were influenced by physiological traits such as photosynthesis and water use efficiency (Singhal *et al.*, 2000). Increased growth and yield attributes in T1 was mainly due to the influence of sewage water, which not only contains high concentration of macro and micronutrients but also contains several microorganisms, which secretes hormones, growth promoting substances and other nutrients needed for plant growth. Sewage water irrigation enhances the yield and yield attributing characters significantly in many crops (Rattan *et al.*, 2005, Bashir Ahmed *et al.*, 2006, Zeid and Abouel Ghate, 2007).

Table III. Effect of sewage & bore well water irrigation on physiological traits of S-36 & V-1 variety.

Tableau III. Effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts et de puits foré sur les caractéristiques physiologiques des variétés S-36 et V-1.

| Variety | Treatment | Photosynthetic rate | Transpiration rate | Water use efficiency | Total chlorophyll content (mg/gf.wt) |
|---------|------------|--|---|-----------------------------------|---|
| Variété | Traitement | Taux photosynthétique ($\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | Taux de transpiration ($\text{m mol m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) | Efficacité d'utilisation de l'eau | Teneur totale en chlorophylle (mg/g poids frais) |
| S-36 | BWI (T0) | 15.64 ± 0.37 | 9.65 ± 0.07 | 1.62 ± 0.04 | 2.31 ± 0.14 |
| | SWI (T1) | 15.90 ± 0.29 | 9.74 ± 0.10 | 1.63 ± 0.07 | 2.48 ± 0.17 |
| V-1 | BWI (T0) | 21.16 ± 0.43 | 8.82 ± 0.09 | 2.39 ± 0.06 | 2.97 ± 0.04 |
| | SWI (T1) | 21.42 ± 0.38 | 8.85 ± 0.14 | 2.42 ± 0.10 | 3.24 ± 0.07 |
| | CD 5% | 2.15 | NS | 0.23 | 0.14 |

NS = Non significant / Non significatif.

Table IV. Effect of sewage & bore well water irrigation on morphological traits of S-36 & V-1 variety.

Tableau IV. Effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts et de puits foré sur les caractéristiques morphologiques des variétés S-36 et V-1.

| Variety | Treatment | Plant height | No. of shoots /plant | No. of nodes / meter length | Shoot yield / plant | Leaf yield / plant | Biological yield / plant |
|---------|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Variété | Traitement | Hauteur du plant (cm) | Nbre de pousses / plant | Nombre de noeuds / par mètre | Rendement en pousses / plant (kg) | Rendement foliaire / plant (kg) | Rendement biologique / plant (kg) |
| S-36 | BWI (T0) | 144.37 ± 0.09 | 8.2 ± 0.07 | 14.7 ± 0.17 | 0.74 ± 1.14 | 0.81 ± 0.67 | 1.55 ± 0.83 |
| | SWI (T1) | 147.28 ± 0.14 | 8.6 ± 0.26 | 15.8 ± 0.22 | 0.82 ± 1.21 | 0.84 ± 0.72 | 1.66 ± 0.93 |
| V-1 | BWI (T0) | 156.40 ± 0.14 | 9.2 ± 0.17 | 17.3 ± 0.24 | 1.05 ± 1.92 | 1.17 ± 0.62 | 2.22 ± 0.91 |
| | SWI (T1) | 177.70 ± 0.26 | 10.7 ± 0.23 | 18.4 ± 0.38 | 1.25 ± 2.03 | 1.38 ± 0.57 | 2.63 ± 0.87 |
| | CD 5% | 5.2 | 0.27 | 0.45 | 0.09 | 0.16 | 0.20 |

5. Effect of sewage water irrigation on biochemical (leaf quality) traits of mulberry:

The production of quality cocoons depends on feeding of good quality mulberry leaves to silkworm. Therefore, it is most imperative to analyze different leaf quality traits such as leaf moisture content (LMC), moisture retention capacity (MRC), protein, amino acids and carbohydrate contents. In general all the leaf quality traits recorded in two varieties were found increased in T1 when compared to T0 (Table V). In V-1 variety, LMC and MRC were found high in T1 (73.58 and 82.34%) and low in T0 (72.87 and 79.52% respectively). Similarly, in S-36, these two traits were high in T1 (73.05 and 81.95%) and low in T0 (72.64 and 79.27% respectively). The LMC and MRC are two important factors, which determine the nutrition levels of mulberry leaves (Sujathamma and Dandin, 2000) and are closely associated with the growth of silkworm larvae (Paul *et al.*, 1992). In the present study, marginal improvement was observed in MRC in T1 compared to T0 in both the varieties. This may be due to the influence of sewage water which is rich in nutrients, enhance the soil fertility status and moisture availability in the soil rhizosphere, thereby improving the growth, water uptake and other metabolism in plants.

Table V. Effect of sewage & bore well water irrigation on leaf quality traits of S-36 & V-1 variety.

Tableau V. Effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts et de puits foré sur les caractéristiques qualitatives de la feuille de S36 et V-1.

| Variety | Treatment | Leaf moisture content | Moisture retention after 6hrs | Total protein content | Total sugar content | Total starch content | Total amino acid (mg/g dry wt.) |
|---------|------------|---------------------------------|---|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Variété | Traitement | Teneur en eau de la feuille (%) | Rétention de l'humidité au bout de 6 heures (%) | Teneur totale en protéines (%) | Teneur totale en sucres (%) | Teneur totale en amidon (%) | Ensemble des acides aminés (mg/g poids sec) |
| S-36 | BW1 (T0) | 72.64 ± 3.14 | 79.27 ± 3.51 | 21.45 ± 0.81 | 12.53 ± 0.14 | 10.92 ± 0.15 | 234.6 ± 6.57 |
| | SW1 (T1) | 73.05 ± 3.75 | 81.95 ± 3.83 | 23.62 ± 0.62 | 13.57 ± 0.17 | 11.42 ± 0.28 | 246.8 ± 7.85 |
| V-1 | BW1 (T0) | 72.87 ± 3.53 | 79.52 ± 3.67 | 23.24 ± 0.71 | 13.74 ± 0.25 | 11.28 ± 0.21 | 257.5 ± 8.63 |
| | SW1 (T1) | 73.58 ± 4.02 | 82.34 ± 4.17 | 24.87 ± 0.75 | 14.32 ± 0.36 | 11.74 ± 0.23 | 272.7 ± 9.05 |
| | CD 5% | NS | 0.73 | 0.26 | 0.35 | NS | 8.72 |

NS = Non significant / *Non significatif*.

The total protein content plays an important role in the production of certain hormones and enzymes, which are essential for the growth and development of silkworm. In T0 and T1, the total protein content was found high in V-1 (23.24 and 24.87 %) compared to S-36 (21.45 and 23.62 % respectively). The protein content obtained in the leaves of T1 is within the dietary protein level range (20 – 25%) as reported by Horie (1980) and thus sufficient for the normal growth of silkworm. In mulberry leaves, carbohydrates are available in plenty and it was reported to be the main source of

energy for silkworm (Horie, 1978). The quantity of carbohydrate is determined based on the quantity of total sugar and starch available in leaves (Bose and Bindroo, 2001). In V-1, sugar and starch contents were high in T1 (14.32 and 11.74%) and low in T0 (13.74 and 11.28%). Similarly in S-36, these two traits were found high in T1 (13.57 and 11.42%) and low in T0 (12.53 and 10.92% respectively). In both the genotypes carbohydrate contents were found high in T1, which clearly indicated that sewage water had pronounced influence on biosynthesis of carbohydrates in the leaves. The total amino acid contents in T0 and T1 were found high in V-1 (257.5 and 272.7 mg/g dry wt.) compared to S-36 (234.6 and 246.8 mg/g dry wt respectively). However, marginal improvement was observed in T1 compared to T0 in both the varieties. It was reported that varieties possessing higher nitrogen and amino acid contents in leaves are nutritively superior and positively related to growth and development of silkworm (Suryanarayana and Shivashankar, 2002).

Table VI. Effect of sewage & bore well water irrigation on silkworm growth & rearing parameters (Ave. of three seasons).

Tableau VI. Effet de l'irrigation avec de l'eau provenant des égouts ou de puits foré sur la croissance du ver à soie et les paramètres d'élevage (moyenne de trois saisons).

| Silkworm hybrid race | Treatment | Larval duration day : hrs | Weight of 10 mature larvae (g) | Yield/ 10,000 larvae by no. | Yield/ 10,000 larvae by wt. (kg) | Single cocoon wt. (g) | Single shell wt. (g) | Shell ratio (%) |
|--------------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Ver à soie hybride | Traitement | Durée larvaire jours : heures | Poids de 10 larves mûres (g) | Rendement pour 10 000 larves en nombre | Rendement / 10 000 larves au poids (kg) | Poids d'un cocon (g) | Poids d'une coque (g) | Richesse soyeuse (%) |
| CSR2 × CSR4 | BW1 (T0) | 23.07 | 51.78 | 8142 | 16.284 | 1.842 | 0.435 | 22.33 |
| | SWI (T1) | 23.07 | 52.02 | 8275 | 16.491 | 2.015 | 0.457 | 22.67 |
| Significant "t" Signification de "t" | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

NS = Non significant / Non significatif.

6. Effect of sewage water irrigation on silkworm rearing parameters:

The average of three seasons data recorded on silkworm growth and rearing parameters of hybrid silkworm, CSR2 × CSR4 are summarized in Table VI. In general, marginal improvement in growth and cocoon parameters was observed in T1 as compared to T0. This clearly suggest that sewage waters, which are rich in organic carbon contents; macro and micro nutrients; and microorganism secretes many hormones and other nutrients (Dubey *et al.*, 2006), that helps to improve the growth, metabolism and physiological activity of the host plants, with the result leaf quality might have been improved and thus feeding on such quality leaves improved normal silkworm growth and cocoon characters (Bongale and Krishna, 2000).

An overview of the results revealed that the domestic sewage water used in the present investigation contains required pH, EC, macro and micronutrients, which are within the permissible limit and can be used for irrigation. The domestic sewage water irrigation (T1) exhibited better performance compared to bore well water irrigation (T0) in terms of enhancing the soil fertility status, growth and leaf quality traits of mulberry. It was observed that silkworm growth and cocoon parameters were improved when the leaves of V-1 from T1 plot were used for rearing. It is also understood from the literature that continuous use of sewage water deteriorates the soil fertility condition in the long run. Hence, with proper management or treatment of sewage water, it can be used regularly (Rattan *et al.*, 2005; Dubey *et al.*, 2006 and Bashir Ahmed, 2006). Therefore, it is concluded from the study that domestic sewage water irrigation can be done to the mulberry garden only when water scarcity arise or better to use alternatively to the bore well water irrigation.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are grateful to Dr. J. Kodandaramaiah (late), Scientist – C, Mulberry Physiology, CSR&TI, Mysore for helping us in analyzing the Physiological traits of mulberry during the study.

REFERENCES

- BANYAL R., BHARDWAJ S.D. (2003) Effect of sewage water on the growth and development of fodder tree plantation. *Indian Forester*. 129 (12): 1488 - 1492.
- BASHIR A., BAKSH K., HASSAN S. (2006) Effect of sewage water on Spinach yield. *International J. of Agriculture and Biology*. 3: 423 - 425.
- BOSE P.C., BINDROO B.B. (2001) A comparative biochemical study of seven promising mulberry (*Morus alba* L.) varieties under rainfed conditions of sub-tropical region. *Indian J. Seric.* 40, 171 – 173.
- BONGALE U.D., KRISHNA M. (2000) Leaf quality of mulberry (*Morus indica* L.) and cocoon crops of the silkworm (*Bombyx mori* L.) as influenced by sewage and bore well water irrigation. *Indian J. Seric.* 39 (2) : 165 -168.
- CHARMAN PEV, MURPHY B.W. (1991) *Soil: Their properties and management*. Sydney University Press. Sydney.
- DUBEY S. K., YADAV R.K., JOSHI P.K., CHATURVEDI R.K., BARKA GOYEL., RASHMI YADAV., MINAS P.S. (2006) Agricultural uses of sewage sludge and water and their impact on soil water and environmental health in Haryana, India. Water use challenges for the future. 18th World Congress of Soil Science. (July 9 -15, 2006). Philadelphia, Pennsylvania. USA.
- DUBOIS M.K., GILLES K. A., HAMILTON J. K., REBERS P.A., SMITH F. (1956) Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.* 28(2): 350 - 356
- HERMAN B., EMANUEL I. (1987) Quality requirements for irrigation with sewage water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 113 (4) : 516 - 535.
- HISCOX J. D., ISRAELISTAM G. F. (1979) A method for extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.* 57, 1332 - 1334.
- HORIE Y. (1978) Quantitative requirement of nutrition for growth of the silkworm. *Bombyx mori* L. *JARQ* 12, 211 - 217.
- HORIE Y. (1980) Recent advances in Sericulture. *Annu. Rev. Entomol.* 25, 49 - 71.
- HUMA R., KHAN M.A. (2003) Effect of land application of sewage sludge on heavy metal contents in soil and plant, soil fertility and wheat yield. *Pak. J. Soil Sci.* 22: 51-57
- INDIAN STANDARD INSTITUTION (1983) *Indian Standard specification for drinking water*, IS10500, ISI, New Delhi.
- JACKSON M.L. (1973) Nitrogen determination for soil and plant tissue In: *Soil Chemical Analysis*, Prentice- Hall of India, Pvt. (Ltd.) New Delhi pp. 183-204.

- KAKAR R.G., YASINZAI M., SALARZAI A.U., OAD F.C., SIDDIQUI M.H. (2006) Irrigation with sewage water: Assessment of water quality, nutrients and heavy metal distribution. *Asian J. Plant Sci.* 5(3) 438 - 440.
- KHALIL-GARDEZI A., EXETRIO-GARCIA A., MEJIA-SAENZ, E., OJEDA-TREJO E., TIJERINA- CHAVEZ L., HABIBSHA-GARDEZI and DELGADILLO-PINON. (2009) Sewage water irrigation and growth response of *Leucaena Leucocephala* inoculated with *Glomus intraradices* and application of organic matter. *Journal of Applied Science.* 9 (7): 1373 -1377.
- KRISHNASWAMI S. (1978) Mulberry cultivation in South India. *Central Silk Board* Publication, 1, 1 - 19
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N. J., FARR A.L., RANDALL R. J. (1951) Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265 - 275.
- MALLA S R., TANAKA Y., MORI K., TOTAWAT K.L. (2007) Short term effect of sewage irrigation on chemical builds up in soils and vegetables. *The agricultural engineering international: the CIGRE journal.* Manuscript L W 07 006, 11, Aug.2007
- MC CREADY R. M., EUGALLE J., SILVER V., OWENS H.S. (1960) Determination of starch and amylase in vegetables. Application to Peas, *Anal Chem.*, 29, 1156 -1158.
- PAUL D.C., SUBBA RAO G., DEB D.C. (1992) Impact of dietary moisture on nutritional indices and growth of *Bombyx mori* and concomitant larval duration. *J. Insect Physiol.* 38, 229.
- RATTAN R.K., DATTA S.P., CHENKAR P.K., SURIBABU K., SINGH A.K. (2005) Long term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and ground water – A case study. *Agricultural Ecosystem and Environment.* 109 (3-4): 310 - 322.
- SARKAR A., JALAJAS. K., DATTA R.K. (2000) gradual improvement of mulberry varieties under irrigated condition in South India and the optimal program for varietal selection in the tropics. *Sericologia.* 40(3): 449 - 461.
- SCOTT C., FARUQUI N.I., RASCHID L. (2004) Waste water use in irrigated agriculture: Confronting the livelihood and environmental realities.
- SINGHAL B.K., CHAKRABORTIS, MALA V.RAJAN, SARKAR A., DATTA R.K. (2000) photosynthesis for crop improvement in mulberry (*Morus* spp.) – A review *Sericologia.* 40 (1) 27 - 55.
- SNEDECOR W.G., COCHRAN G.W. (1967) *Statistical methods.* Oxford and IBH Publications, New Delhi, India. 1, 257 - 270.
- SPIES J. R. (1955) Colorimetric procedure for amino acids and phenol In: *Methods in Enzymol.* Colonick, S.P. and N.P.O. Kaplan (Eds) 3, 461- 477.
- SUJATHAMMA P., DANDIN S. B. (2000) Leaf quality evaluation of mulberry (*Morus* spp.) through chemical analysis. *Indian J. Seric.* 39, 117 - 121.
- SURENDRANATH B., SATHYANARAYAN RAJU., RAMANJULU S., CHOWDHURY C.C., VIJAYAPRAKASH N.B. (1997) Influence of sewage water irrigation on mulberry leaf quality and its impact on the silkworm, *Bombyx mori* L. *Indian J. Seric.* 36 (1): 57 - 59.
- SURYANARAYANA N., SHIVASHANKAR M.T.C. (2002) Differences in amino acid contents in leaf blades of mulberry (*Morus* spp.) varieties. *Adv. Plant Sci.* 15, 475- 481.
- TANDON H. L. S. (1993) *Methods of analysis of soils, plants fertilizers and water.* Fertilizer development consultation Organization. New Delhi. India. pp. 58 - 61.
- VIJAYAN K., TIKEDAR A., DAS, K.K., ROY B.N., PAWAN KUMAR T. (1996) Genotypic influence on leaf moisture content and moisture retention capacity in mulberry *Morus* spp. *Bull. Seri. Res.* 7, 95 - 98.
- YADAV R.K., GOYAL B., SHARMA R.K., DUBEY S.K., MINHAS P.S. (2002) Post irrigation impact of domestic sewage effluent on composition of soils, crops and ground water – A case study. *Environmental International.* 28(6): 481 - 486.
- ZEID I.M., ABOUEL GHATE H.M. (2007) Effect of sewage water on growth, metabolism and yield of bean. *Journal of Biological Sci.* 7 (1): 34 - 40.

CARACTERISATION PHYSIO-BIOCHIMIQUE DE DEUX GENOTYPES DE MURIER IRRIGUES AVEC DE L'EAU DES EGOUTS

D. M. RAM RAO, M. MUNIRATHNAM REDDY, O. K. GOPINATH & G. S. VINDHYA

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

Une expérience sur le terrain a été réalisée pour analyser l'effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts sur la croissance et les caractères qualitatifs de la feuille de deux génotypes de mûrier (S-36 et V-1). On a aussi procédé à l'analyse chimique de l'eau des égouts et à son influence sur les propriétés du sol. Les données enregistrées sur l'analyse chimique de l'eau révèlent que le pH, la CE, le N, le P, le K, le Fe, le Zn, le Mn et le Cu sont plus élevés dans l'eau des égouts (T1) que dans l'eau de puits foré (T0). De même, le pH, la CE, le CO, le P, le K, le Fe, le Zn, le Mn et le Cu augmentent dans la parcelle traitée (T1) par comparaison à la parcelle témoin (T0). En général, les caractères morphologiques tels que la hauteur de la plante, le nombre de pousses / plante, le nombre de nœuds / mètre, le rendement foliaire, le rendement en pousses et le rendement biologique / plant ; les caractères physiologiques, c'est-à-dire le taux photosynthétique, le taux de transpiration, l'efficacité d'utilisation de l'eau et la teneur totale en chlorophylle, les caractères biochimiques, c'est-à-dire la teneur totale en protéines, en sucres, en amidon et en acides aminés est supérieure chez les deux génotypes avec T1 par comparaison à T0. V1 présente une performance supérieure à la fois avec T0 et T1 pour tous les caractères étudiés. Une évaluation biologique avec le ver à soie hybride (CSR2 × CSR4) montre une amélioration de la croissance du ver à soie et des paramètres du cocon avec T1 par comparaison à T0. Dans l'ensemble, l'étude montre que l'irrigation avec l'eau des égouts domestiques améliore la fertilité du sol, la croissance de la plante et la qualité foliaire du mûrier.

INTRODUCTION

On utilise l'eau des égouts pour l'irrigation dans presque 10 % des cultures dans le monde, selon la première étude mondiale sur l'irrigation avec des eaux usées (Scott et coll., 2004). C'est une pratique fortement dissimulée et elle n'est pas légale dans de nombreux pays. Cependant, de nombreux agriculteurs, surtout dans les zones urbaines utilisent l'eau des égouts parce qu'elle est disponible en abondance, même pendant la sécheresse. L'eau des égouts contient de nombreux nitrates et phosphates, qui agissent comme des engrais efficaces pour les plantes. Elle apporte aux agriculteurs une source d'eau riche en nutriments, avec un moyen fiable et bon marché de se débarrasser des eaux usées (Rattan et coll., 2005). L'utilisation de l'eau des égouts pour l'irrigation, en proportions variables, améliore la matière organique et la fertilité du sol et l'activité métabolique des micro-organismes du sol (Yadav et coll., 2002 et Malla et coll., 2007). L'irrigation avec l'eau des égouts augmente significativement la croissance de la plante et le rendement de plusieurs cultures telles que le fourrage, l'arachide, les épinards, les haricots, le chou fleur, le chou et les légumes à feuilles (Yadav et coll., 2002 ; Banyal et Bhardwaj, 2003 ; Rattan et coll., 2005 ; Bashir Ahmed et coll., 2006 et Zeid et Abouel Ghate, 2007). Le taux de biosynthèse de la chlorophylle a et b, l'activité photosynthétique et la teneur totale en hydrates de carbone dans les feuilles sont meilleurs chez les plants irrigués avec de l'eau usée par comparaison au témoin (Zeid et Abouel Ghate, 2007). Plusieurs

chercheurs ont signalé que l'utilisation d'eau des égouts pendant une courte période pourrait ne pas être nuisible, mais à long terme après plusieurs années, elle pourrait s'avérer phyto-toxique pour les plantes (Bashir Ahmed et coll., 2006 et Malal et coll., 2007).

Chez le mûrier, il existe très peu de rapports sur l'utilisation de l'eau des égouts pour l'irrigation (Surendranath et coll., 1997 et Bongale et Krishna, 2000). Les premiers auteurs n'ont pas étudié en détail l'effet de l'eau des égouts sur les nutriments du sol, les caractères quantitatifs et qualitatifs du mûrier et son impact sur l'élevage du ver à soie. Cette étude a donc été entreprise avec les objectifs suivants 1) l'analyse chimique de l'eau des égouts domestique utilisée 2) l'analyse de l'effet de l'eau des égouts sur les propriétés du sol et 3) l'estimation de l'effet de l'eau des égouts sur les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques du mûrier. Par ailleurs, pour confirmer les résultats, une évaluation biologique a aussi été entreprise avec un ver à soie hybride CSR2 × CSR4.

MATERIELS ET METHODES

On a réalisé une expérience en 2006 dans la muraille du Centre de Démonstration et de Validation des Technologies (TVDC) du *Central Sericultural Research and Training Institute (CSR&TI)* de Mysore. La muraille de S-36 et de V-1 du TVDC a été établie en 2002 et certaines parcelles de mûrier, qui sont près des canaux des égouts sont souvent irriguées avec l'eau des égouts. Le rendement foliaire de la parcelle irriguée avec l'eau des égouts s'avère élevé par comparaison à celui de la parcelle irriguée avec l'eau de puits foré. On utilise les feuilles des parcelles traitées avec l'eau des égouts pour l'élevage des vers à soie et on a procédé aux récoltes de cocons avec succès pendant les cinq dernières années. Cela nous a poussé à procéder à l'analyse chimique de l'eau des égouts et à étudier son effet sur les propriétés du sol ainsi que son impact sur les caractères qualitatifs de la feuille de mûrier.

Pour l'étude, on sélectionne une muraille de S36 (1000 m²) et de V-1 (1000 m²) et la moitié de ces parcelles (500 m²) sont irriguées avec l'eau des égouts (T1) et l'autre moitié des parcelles est irriguée avec de l'eau de puits foré (T0) chez les deux génotypes. Dans chacune des parcelles de mûrier S-36 et V-1 de 1000 m², on maintient un ensemble de 2720 plants avec un espacement large (150 cm + 90 cm) × 60 cm. Avant la réalisation des expériences, on recueille des échantillons d'eau des égouts domestiques et l'eau de puits foré et on analyse leur pH et leur conductivité électrique (CE) en suivant la méthode de Jackson (1973) et on estime les macronutriments (N, P et K) et les micronutriments (Fe, Zn, Mn et Cu) en suivant les méthodes décrites par Tandon (1993).

Au début, on taille les plants 30 cm au-dessus du niveau du sol et on procède à l'irrigation une fois par semaine de toutes les parcelles de mûrier. On procède aux opérations culturales et à l'application de fumier de ferme / d'engrais d'après les normes du CSR&TI, de Mysore (Krishnaswami, 1978). Après 70 jours de taille, on sélectionne 20 plants de manière aléatoire dans les parcelles de mûrier T0 et T1 de S-36 et V-1 et on enregistre les caractères morphologiques tels que la hauteur du plant (cm), le nombre de pousses / plant, le nombre de noeuds / mètre, le rendement foliaire / plant (g), le rendement en pousses / plant (g) et le rendement biologique plant (g) pour cinq récoltes. On recueille les échantillons de sol et de feuilles à partir des deux sources d'irrigation (T0 et T1) pour cinq récoltes. La moyenne des données des cinq récoltes sur le rendement foliaire et sur les caractères attribués au rendement sont enregistrés avec T0 et T1 et analysés de manière statistique.

On recueille des échantillons de sol dans les parcelles de mûrier irriguées avec de l'eau des égouts (T1) et de puits foré (T0), on les traite et on analyse leur pH, leur CE, leur carbone organique (CO), leurs macronutriments (P et K disponibles) et leurs micronutriments (Fe, Zn, Mn et Cu). On recueille aussi des feuilles fraîches (12^{ème} à 14^{ème} feuille à partir du haut) dans les parcelles T0 et T1 pour analyser les caractères biochimiques (qualité foliaire), c'est-à-dire la teneur en eau de la feuille, (% LMC) et la capacité de rétention de l'eau (% MRC) 6 heures après la récolte, en suivant la méthode de Vijayan et coll., (1996). On sèche les échantillons de feuilles recueillis dans les parcelles T0 et T1

à 60° C, on les réduit en poudre et on analyse leur teneur en protéines totales, en suivant la méthode de Lowry et coll., (1951), leur teneur totale en acides aminés en adoptant la méthode ninhydrine, en utilisant la leucine comme étalon (Spies, 1995). On estime la teneur en azote avec la méthode micro-kjeldahl (Jackson, 1973). On estime la teneur en sucre et en amidon (hydrates de carbone solubles) d'après respectivement les méthodes de Dubois et coll., (1956) et de Mc Cready et coll., (1960). On mesure les paramètres physiologiques comme le taux photosynthétique, le taux de transpiration en utilisant un système photosynthétique (LI-COR, modèle 6200 ; Licor Instrument Ins. USA). On calcule l'efficacité d'utilisation de l'eau (photosynthèse / transpiration) et on estime la teneur totale en chlorophylle (mg / g pds. f.) en adoptant la procédure de Hiscox et Israelstam (1979). Par ailleurs, pour confirmer l'effet de l'eau des égouts sur les caractères qualitatifs de la feuille, on réalise une évaluation biologique pendant trois saisons différentes (été, saison des pluies et hiver) avec la race de ver à soie hybride, CSR2 × CSR4. Pour l'évaluation biologique, on utilise seulement des feuilles des parcelles de V1 irriguées avec l'eau des égouts (T1) et de puis foré (T0) séparément pour nourrir le ver à soie jusqu'au filage. On enregistre les données moyennes d'élevage pour les trois saisons pour la durée larvaire (jours : heures), le poids de 10 larves matures (g), le taux effectif d'élevage (ERR) en nombre et au poids (g), le poids d'un cocon (g), le poids d'une coque (g) et la richesse soyeuse (%) séparément pour T0 et T1 et on les analyse de manière statistique (Snedecor et Cochran, 1967).

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse chimique de l'eau des égouts domestiques et de puits foré :

On procède à l'analyse chimique en l'occurrence le pH, la CE, les macronutriments (N, P et K) et les micronutriments (Fe, Mn, Zn et Cu) pour l'eau de puits foré (T0) et l'eau des égouts domestiques (T1). On répète l'analyse quatre fois en prenant des échantillons à 15 jours d'intervalle. On enregistre la moyenne de ces quatre répétitions avec T0 et T1 (Tableau I).

Le pH de l'eau de puits foré (T0) et de l'eau des égouts (T1) est de respectivement 7,52 et 7,86, que l'on considère dans les limites acceptables. La valeur du pH comprise entre 6,5 et 8,5 est considérée comme adaptée à l'eau potable ainsi qu'à l'irrigation des plantes (Institut des Normes Indiennes, 1983). La conductivité électrique (CE) est l'un des caractères importants pour évaluer la pureté de l'eau. La CE s'avère faible avec T0 (0,36 cm / hos / cm) et élevée avec T1 (1,26 hos / em). Les résultats révèlent que les deux échantillons d'eau sont dans les limites permmissibles. Les macronutriments tels que N, P et K dans l'eau s'avèrent élevés avec T1 (4,18 ; 1,26 et 9,47 ppm) et faibles avec T0 (respectivement 1,55 ; 0,18 et 5,72 ppm). Il a été signalé que l'eau des égouts contient plus de macronutriments que l'eau de puits foré (Katar et coll., 2006). Les micronutriments c'est à dire, Fe, Zn, Mn et Cu s'avèrent élevés avec T1 (0,032 ; 0,040 ; 0,016 et 0,007 ppm) et faibles avec T0 (respectivement 0,002 ; 0,006 ; 0,002 et 0,003 ppm). L'eau des égouts s'avère être une bonne source de micronutriments (Huma et Khan, 2003). Kakar et coll., (2006) ont enregistré les fourchettes de concentrations en micronutriments, en l'occurrence Fe = 0,55 - 1,00 ppm, Zn = 0,08 - 0,21 ppm, Mn = 0,14 - 0,23 ppm et Cu = 0,03 - 0,07 ppm dans différentes eaux des égouts. Dans cette étude, on observe une différence significative entre T0 et T1 en ce qui concerne les macro et les micronutriments (Tableau I).

2. Effet de l'irrigation avec l'eau des égouts et de puits foré sur les caractères du sol :

On irrigue les parcelles de mûrier sélectionnées pour les expériences une fois par semaine séparément avec de l'eau de puits foré (T0) et de l'eau des égouts (T1). Après une période d'un an, on enregistre les caractères du sol, c'est-à-dire, le pH, la CE, le CO, le phosphore, le potassium et les micronutriments (Fe, Zn, Mn et Cu) disponibles, dans le sol des parcelles T0 et T1 et ils sont présentés dans le Tableau II.

Le pH du sol enregistré avec T0 et T1 est de respectivement 8,05 et 8,16. On n'observe pas de différence significative du pH du sol entre les deux traitements. On observe une augmentation marginale du pH du sol avec T1 par comparaison à T0, ce qui pourrait être dû à l'influence de l'eau des égouts, qui contient des teneurs élevées en matière organique, en nutriments, en phosphates, en nitrates et en micro-organismes (Herman et Emanuel, 1987). La CE est l'un des paramètres importants, qui influence la stabilité du sol, la structure du sol et la disponibilité en eau pour les plants. La CE s'avère faible avec T0 (0,30 mhos /cm) et élevée avec T1 (0,43 mhos /cm). On a signalé que les niveaux de CE dans le sol sont compris entre 0,1 à 1,0 mhos / cm, ce qui est dans la limite acceptable et si elle est au-dessus de 1,0 mhos / cm, elle pourrait entraîner des problèmes pour le sol ainsi que pour les plantes (Charman et Murphy, 1991). Le CO influence la structure physique du sol, la capacité de rétention de l'eau et l'apport en nutriments. Dans cette étude, le CO s'avère élevé avec T1 (0,94 %) et faible avec T0 (0,80 %). La plupart des eaux des égouts sont adaptées à l'irrigation puisqu'elles possèdent une CE élevée comprise entre 0,9 et 3,2 mhos/ cm et un CO compris entre 1,24 et 1,78 % (Dubey et coll., 2006).

Le phosphore et le potassium disponibles s'avèrent élevés avec T1 (49,65 kg / ha et 221,44 kg /ha) et faibles avec T0 (respectivement 41,27 kg / ha et 210,45 kg/ ha). Les macronutriments du sol augmentent significativement avec une irrigation prolongée avec l'eau des égouts (Malla et coll., 2007 et Khalil Gardez et coll., 2009). Les micronutriments du sol, c'est-à-dire le Fe, le Mn, le Zn et le Cu s'avèrent aussi élevés avec T1 (17,35 ; 2,71 ; 58,28 et 1,83 ppm) et faibles avec T0 (respectivement 10,05 ; 1,56 ; 51,14 et 1,74 ppm). L'eau des égouts qui est riche en macro et micronutriments s'accumule dans le sol et augmente à son tour les nutriments naturels présents dans le sol (Dubey et coll., 2006).

3. Effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts sur les caractères morphologiques du mûrier :

Les caractères physiologiques tels que le taux de photosynthèse, le taux de transpiration, l'efficacité d'utilisation de l'eau et la teneur totale en chlorophylle estimés chez les variétés S36 et V-1 sont présentés dans le Tableau III. Le taux de photosynthèse avec T0 et T1 est élevé chez V1 (21,16 et 21,42 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), tandis qu'il est faible chez S-36 (respectivement 15,64 et 15,90 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). On observe une augmentation marginale du taux de photosynthèse avec T1 par comparaison à T0 chez les deux variétés. On a signalé que l'application d'eau des égouts a un effet positif sur la synthèse des pigments photosynthétiques et sur l'activité photosynthétique chez le haricot (Zeid et Abouel Ghate, 2007). Le taux de transpiration avec T0 et T1 s'avère légèrement élevé avec S-36 (9,65 et 9,74 $\text{m mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) par comparaison à V-1 (respectivement 8,82 et 8,85 $\text{m mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$). Dans cette étude, on observe une différence significative du taux de photosynthèse entre les variétés mais pas entre les traitements. Tandis qu'en ce qui concerne le taux de transpiration, on n'observe pas de différence significative, ni entre les variétés, ni entre les traitements. L'efficacité d'utilisation de l'eau s'avère élevée avec V-1 (T0 = 2,39 et T1 = 2,42) et faible avec S-36 (T0 = 1,62 et T1 = 1,63). Le taux de photosynthèse et l'efficacité d'utilisation de l'eau élevés chez V-1 indiquent la supériorité de la variété (Sarkar et coll., 2000). La teneur totale en chlorophylle s'avère élevée chez V-1 avec T0 et T-1 (2,97 et 3,24 mg / g pds. f) par comparaison à S-36 (respectivement 2,31 et 2,48 mg / g pds f.). On a signalé que la teneur totale en chlorophylle augmente lors de l'irrigation avec l'eau des égouts (Zeid et Abouel Ghate, 2007). Chez les deux variétés, on observe une teneur élevée en chlorophylle avec T1, ce qui montre clairement l'efficacité photosynthétique de la variété de mûrier (Sujathamma et Dandin, 2000). Tandis que la teneur faible en chlorophylle avec T0 indique que l'eau de puits foré pourrait ne pas posséder tous les nutriments nécessaires pour la croissance et les activités physiologiques normales des plantes.

4. Effet de l'irrigation avec de l'eau des égouts sur les caractères morphologiques du mûrier :

La moyenne des données enregistrées pour cinq récoltes concernant différents caractères quantitatifs chez deux variétés S-36 et V-1 est présentée dans le Tableau IV. Chez les deux variétés, le rendement foliaire / plant s'avère élevé avec T1 (0,84 et 1,38 kg / plant) et faible avec T0 (respectivement 0,81 et 1,17 kg / plant). Cependant, le rendement foliaire et ses caractères associés sont élevés chez V-1 par comparaison à la variété S-36. L'augmentation du rendement foliaire est due à l'augmentation de différents caractères contribuant au rendement. Le rendement foliaire plus élevé de V-1 par comparaison à la variété S-36 est principalement dû à son taux de photosynthèse et d'efficacité d'utilisation de l'eau élevés (Sarkar et coll., 2000). En général, les caractères morphologiques sont influencés par les caractères physiologiques tels que la photosynthèse et l'efficacité d'utilisation de l'eau (Singhal et coll., 2000). L'augmentation de la croissance et des caractères associés avec le rendement avec T1 est principalement due à l'influence de l'eau des égouts, qui non seulement contient une concentration élevée en macro et en micronutriments, mais contient aussi plusieurs micro-organismes, qui sécrètent des hormones, des substances promouvant la croissance et d'autres nutriments nécessaires à la croissance de la plante. L'irrigation avec l'eau des égouts améliore significativement le rendement et les caractères attribués au rendement chez de nombreuses cultures (Rattan et coll., 2005 ; Bashir Ahmed et coll., 2006, Zeid et Abouel Ghatte, 2007).

5. Effet de l'irrigation avec l'eau des égouts sur les caractères biochimiques (qualité foliaire) du mûrier :

La production de cocons de qualité dépend de l'alimentation du ver à soie avec des feuilles de mûrier de bonne qualité. Il est donc impératif d'analyser les différents caractères qualitatifs de la feuille, tels que la teneur en eau de la feuille (LMC), la capacité de rétention de l'eau (MRC) et les teneurs en protéines, en acides aminés et en hydrates de carbone. En général, tous les caractères qualitatifs de la feuille enregistrés chez les deux variétés augmentent avec T1 par comparaison à T0 (Tableau V). Chez la variété V-1, la LMC et la MRC s'avèrent élevées avec T1 (73,58 et 82,34 %) et faibles avec T0 (respectivement 72,87 et 79,52 %). De même, avec S-36, ces deux caractères sont élevés avec T1 (73,05 et 81,95 %) et faibles avec T0 (respectivement 72,64 et 79,27 %). La LMC et la MRC sont deux facteurs importants, qui déterminent les niveaux de nutrition des feuilles de mûrier (Sujathamma et Dandin, 2000) et sont étroitement associés avec la croissance des larves de ver à soie (Paul et coll., 1992). Dans cette étude, on observe une amélioration marginale de la MRC avec T1 par comparaison à T0 chez les deux variétés. Cela pourrait être dû à l'influence de l'eau des égouts qui est riche en nutriments, améliore la fertilité du sol et la disponibilité en eau dans la rhizosphère du sol, ce qui améliore donc la croissance, la consommation d'eau et d'autres métabolismes chez les plantes.

La teneur totale en protéines joue un rôle important dans la production de certaines hormones et enzymes, qui sont essentielles à la croissance et au développement du ver à soie. Avec T0 et T1, la teneur totale en protéines s'avère élevée chez V-1 (23,24 et 24,87 %) par comparaison à S-36 (respectivement 21,45 et 23,62 %). La teneur en protéines obtenue dans les feuilles de T1 se situe dans la fourchette de niveau de protéines alimentaires (20 – 25 %) comme l'a signalé Horie (1980) et est donc suffisante pour la croissance normale du ver à soie. Dans les feuilles de mûrier, les hydrates de carbone sont disponibles en abondance et on a signalé qu'ils sont la source principale d'énergie pour le ver à soie (Horie, 1978). La quantité d'hydrates de carbone est déterminée sur la base de la quantité de l'ensemble des sucres et de l'amidon disponibles dans les feuilles (Bose et Bindroo, 2001). Chez V-1, la teneur en sucres et en amidon est élevée avec T1 (14,32 et 11,74 %) et faible avec T0 (13,74 et 11,28 %). De même chez S-36, ces deux caractères s'avèrent élevés avec T1 (13,57 et 11,42 %) et faibles avec T0 (respectivement 12,53 et 10,92 %). Chez les deux génotypes, la teneur

en hydrates de carbone s'avère élevée avec T1, ce qui montre clairement que l'eau des égouts a une influence prononcée sur la biosynthèse des hydrates de carbone dans les feuilles. La teneur totale en acides aminés avec T0 et T1 s'avère élevée chez V-1 (257,5 et 272,7 mg / g pds sec) par comparaison à S-36 (respectivement 234,6 et 246,8 mg / g poids sec). Cependant, on observe une amélioration marginale avec T1 par comparaison à T0 chez les deux variétés. On a signalé que les variétés qui possèdent une teneur élevée en azote et en acides aminés dans les feuilles sont supérieures sur le plan nutritionnel et positivement associées avec la croissance et avec le développement du ver à soie (Suryanarayana et Shivashankar, 2002).

6. Effet de l'irrigation avec l'eau des égouts sur les paramètres d'élevage du ver à soie :

La moyenne des données pour trois saisons concernant la croissance du ver à soie et les paramètres d'élevage du ver à soie hybride CSR2 × CSR4 est présentée dans le Tableau VI. En général, on observe une amélioration marginale de la croissance et des paramètres du cocon avec T1 par comparaison à T0. Cela montre clairement que les eaux des égouts, qui sont riches en carbone organique, en macro et micronutriments et en micro-organismes recèlent de nombreuses hormones et d'autres nutriments (Dubey et coll., 2006), ce qui contribue à améliorer la croissance, le métabolisme et les activités physiologiques des plantes hôtes, avec une amélioration probable de la qualité de la feuille et l'alimentation avec des feuilles de cette qualité améliore la croissance normale du ver à soie et les caractères du cocon (Bongale et Krishna, 2000).

Dans l'ensemble, les résultats montrent que l'eau des égouts domestiques utilisée dans cette étude contient le pH, la CE, les macro et les micronutriments nécessaires, qui se situent dans les limites acceptables et on peut donc l'utiliser pour l'irrigation. L'irrigation avec l'eau des égouts domestiques (T1) présente une meilleure performance par comparaison à l'irrigation avec de l'eau de puits foré (T0) en termes d'amélioration de la fertilité du sol, de la croissance et des caractéristiques de qualité foliaire du mûrier. On observe que la croissance du ver à soie et les paramètres du cocon s'améliorent quand on utilise les feuilles de V-1 de la parcelle T1 pour l'élevage. D'après la littérature, on a aussi compris que l'utilisation continue d'eau des égouts détériore la fertilité du sol à long terme. Elle peut donc être utilisée régulièrement avec une exploitation ou un traitement correct de l'eau des égouts (Rattan et coll., 2005 ; Dubey et coll., 2006 et Bashir Ahmed, 2006). On en conclut donc d'après cette étude qu'on peut procéder à l'irrigation des murailles avec de l'eau des égouts domestiques quand il se produit une pénurie d'eau ou en alternative à l'irrigation avec de l'eau de puits foré.

STUDIES ON PROCESSING OF MUGA WASTE IN MILL SPINNING TO PRODUCE QUALITY SPUN SILK YARN AND ITS CHARACTERISATION

KARIYAPPA¹, K. P. SHIVAKUMAR¹, P. M. DAMODARA RAO², SUBRATA ROY²
& T. H. SOMASHEKAR²

¹Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Sri Rampura,
Manandavadi Road, Mysore 570008, India.

²Central Silk Technological Research and Training Institute, Central Silk Board, Madiwala,
Bangalore 560068, India.

In this paper, Muga waste has been successfully degummed and processed on worsted system of spinning. Degumming loss, yarn realisation and economics have been measured. Muga spun silk yarn has been tested for characterisation according to international standard testing methods. Results have been compared between Muga and mulberry silk as per the requirement of industry. The results of the investigation are thoroughly discussed.

Keywords: Mulberry, Muga waste, Degumming, Muga spun silk yarn, Yarn yield%, Worsted spinning, Hauteur diagram, evenness, Imperfections, Tenacity, Elongation.

INTRODUCTION

Muga silk is golden yellow colour silk is prerogative of India and the pride of Assam state. It is obtained from semi-domesticated multivoltine silkworm, *Antheraea assamensis*. These silkworms feed on the aromatic leaves of Som and Soalu plants and are reared on trees similar to that of Tasar. Muga culture is specific to the state of Assam and an integral part of the tradition and culture of that state. Annual production of Muga raw silk is 110 M.Tones and is cultivated in fewer than 35.3 million hectares. The Muga raw silk is produced from Muga cocoons by process of reeling the Muga raw silk is used to produce high value products like Sarees, mekhalas, chaddars, dress materials etc.. Muga cocoon weight ranges from 5 to 6 grams, shell weight ranges from 0.5 to 0.6 gms, filament length ranges from 500 to 800 meter, raw silk recovery percentages ranges from 40 to 50% and 4000 to 5000 number of cocoons required to produce one kg raw silk of denier 40 to 45. Muga cocoons are reelable to produce fine quality raw silk of 40 to 45 denier.

The different kinds of silk waste generated in different process are as follows:

Cocoon waste – Pierced cocoons, pinhole, ratcut, flimsy cocoon, doubled cocoon, urinated, stained and soil cocoons.

Reeling waste – Deflossing waste, cooking waste, reeling waste, pelade waste and re-reeling waste.

After reeling the silk from the cocoons, the unwindable portion of the entangled mass or shorter filament which accounts for about 60% is termed as silk reeling waste. This silk waste earlier was not having any commercial value now with the development of the silk spinning process, it can be used to produce the hand spun as well as mill spun yarn. So Muga waste was converted into spun yarn through Takli (a crude device) and CSTR spinning machine (i.e. improved hand-spinning device). These devices consume small quantity of cocoons and reeling waste, bulk was being wasted without

proper utilization. The spun yarn produced in hand spinning has limited scope of utilization, which can be used to produce only coarser material like cheddars, shawls and stoles and can not be woven on power loom as well as shuttleless loom and knitting machines.

Hence this study has been undertaken to spin the large quantity of Muga waste (cocoon waste and reeling waste) for effective utilization of entire generated waste and to produce superior quality Muga spun silk yarn. The cocoon waste and reeling waste were degummed and spun on Italian technology successfully and produced 2/60^s Nm, 2/80^s Nm and 2/80^s Nm counts of Muga spun silk yarn and 2/60^s Nm, 2/80^s Nm, 2/20^s Nm and 2/140^s Nm counts of Mulberry spun silk yarn from mulberry waste.

The Muga mill spun yarn can be used for manufacturing of all varieties of fabrics lighter to heavy fabrics like Inner ware, dress material, fashionable fabric, ornamental fabric, thicker fabric like chadder and carpet, wall hangings and furnishings. These yarns even suitable for hosiery manufacturing products. The Muga mill spun yarn can be woven on Handloom, Power loom and latest shuttleless looms. Hosiery fabrics can also be produced on both flat knitting and circular knitting machine hand operated as well as latest modern machines.

Degumming process has been done for mill spinning in such way that there should 2-3% sericin, 4-5% oil & fat content in the fibre to avoid damaging of fibre during the spinning process but also to retain the natural Golden yellow colour.

The comparative study has been made with mulberry spun silk processing and its spun silk yarn characteristics. From this study it is observed that Degumming loss, processing loss are less in Muga silk waste processing compared to mulberry silk and Muga spun silk yarn fetches cheaper than mulberry spun silk yarn in all counts of yarn.

MATERIAL AND METHODS

200 kgs of Muga waste have been purchased from Guwahati, DOS, Assam.

200 kgs of Mulberry waste was taken from CSTRI.

Degumming for mill spinning :

After several trial of Muga waste Degumming at CSTRI for standardisation mass Degumming has been done at M/s Afsal Khan Degumming unit Ramanagaram by using the following recipe.

Step-1: Soap and Soda treatment:

Ist Boil with Soap 10 gl & soda 5 gl for 1 hr, 2nd Boil with soap 5 gl & soda 2.5 gl for 1/2 hr and followed by plain water boiling for 1 hour.

Step-2: Carbonizing treatment:

| | |
|---|------------|
| Sulfuric acid | 0.5% |
| Material to liquor ratio | 1:30 |
| Treating in cold solution | 10 Minutes |
| Thorough wash to dissolve the cellulose and Chrysalis | |

Step-3: Scrooping treatment:

| | |
|---|------------|
| Acidic acid (40%) | 0.5% |
| Material to liquor ratio | 1:30 |
| Treated in Luke - warm solution. | 20 Minutes |
| Thorough wash to give scrooping effect to the silk. | |

Step-4: Hydro extracted –Dried in Steamed hot air oven for 6 hrs followed by drying in natural shade -Ammonia gas treatment for 10 minutes followed by keeping it for 12 hour in the same chamber to neutralize the acid –spraying antistatic agent and conditioned for over night.

Spinning:

Spinning has been done on worsted system of spinning at M/s Kareem silk on Italian technology as given in flow chart; fibre parameter is given in the Table I is used for spinning

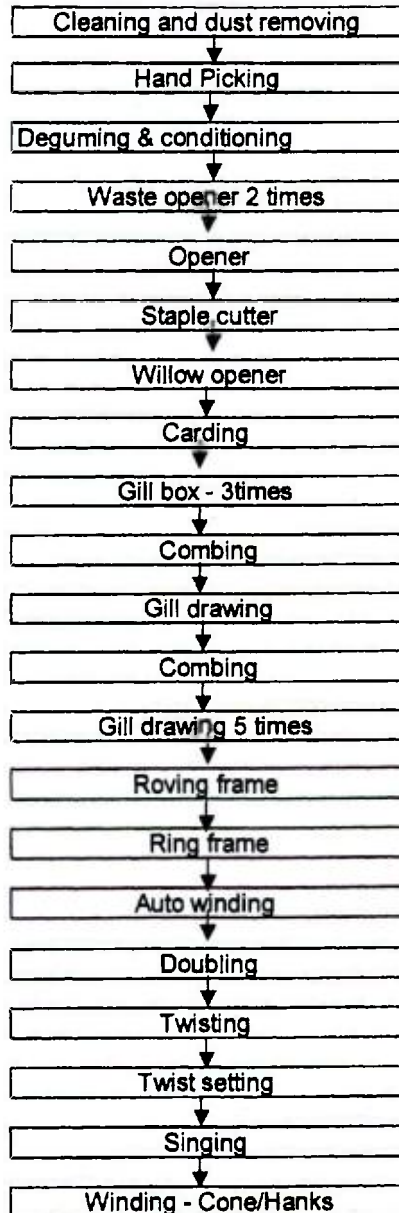


Table 1. Physical properties of silk fibre.**Tableau 1. Propriétés physiques de la fibre de soie.**

| Parameters | Mulberry | Muga |
|--|----------|--------|
| Paramètres | Mûrier | |
| Fibre Diameter in microns (μ) / <i>Diamètre de la fibre en micron (μ)</i> | 14.33 | 19.85 |
| CV% of μ | 27.56 | 34.75 |
| Denier / <i>Titre</i> | 1.901 | 3.650 |
| Specific weight / <i>Poids spécifique</i> | 1.3067 | 1.3074 |
| Moisture regain (dry) / <i>Regain d'humidité (sec)</i> | 10.694 | 10.485 |
| Moisture Content (wet) / <i>Teneur en eau (humidité)</i> | 9.661 | 9.490 |
| Elongation (%) / <i>Allongement (%)</i> | 18.10 | 41.90 |
| CV % | 20.92 | 30.90 |
| Tenacity (gd) / <i>Résistance (gd)</i> | 3.91 | 2.79 |

Testing methods:**Testing of yarn quality:**

Following instruments were used for testing of fibre and yarn quality parameter.

1. Hauteur value and fibre length distribution have been measured by using Texlab measuring instrument. This is an automatic device uster FL100 for fibre collection. This instrument arranges the fibre accordingly to their length based on sorting principle and collected fibre have been analysed in measuring uster apparatus AL 100. This instrument automatically scans the fibre and gives a diagram and Value in printed form. 5 replications have been taken for each sample, each sample weighing about 15 g.

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

3. Tensile and elongation properties of spun silk yarns have been measured by using Instron tensile tester model no 5000R using IS 1670-1991 testing method - 500 mm GL 20 sec. In this 15 yarn samples have been taken for each variety of silk.

Statistical analysis:

Yarn quality parameters have been analyzed through one-way ANOVA using SPSS 11.5 and windostat package.

RESULT AND DISCUSSION**1. Hauteur analysis:**

Hauteur distribution curve gives the detailed information about the fibre length distribution by number and the following important fibre parameters. For good quality spun yarn and good spinning performance and good fibre length distribution is very important

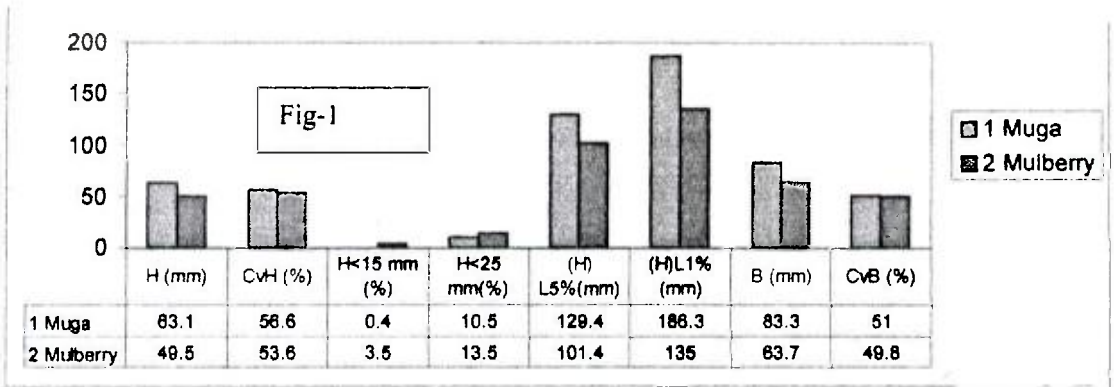
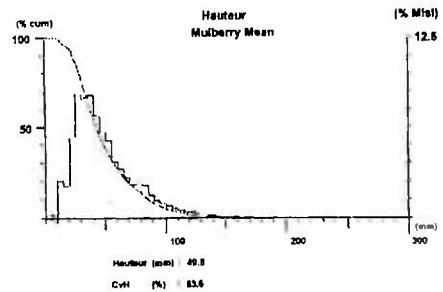
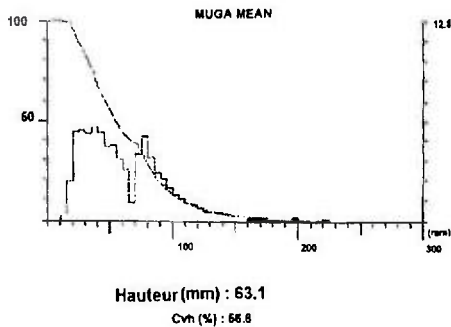


Fig. 1. Hauteur analysis of muga and mulberry silk.

Fig. 1. Analyse de la hauteur de la soie muga et mûrier.



Graphs 1 & 2 shows fibre length distribution diagram of Muga silk as well as Mulberry silk fibre. This analysis has been made for measurement of fibre length distribution and short fibre % of mulberry silk and Muga silk, which decides the spinning ability and quality of spun silk yarn.

Arithmetic average of fibre length (H_{mm}):

It is a mean length of fibre balanced by the section of fibers, increases of H_{mm} evenness of yarn also increases up to 80 mm then reduces.

The average value of H_{mm} is given in fig-1, from fig-1 it is observed that Arithmetic average of fibre length (H_{mm}) of Muga silk is higher than mulberry silk by 21.55%, this is due to the fact that during Muga silk reeling process maximum good fibre goes as a waste, it contributes to the higher fibre length.

Co-efficient of variation (CVH):

It is a measure of fibre length dispersion. The average value of (CVH) is given in fig-1, From the fig-1 it is observed that Co-efficient of variation (CVH) of Muga silk fibre is higher than mulberry silk by 5.3%. This is due to the fact that reeling of Muga silk is not as easy as mulberry silk reeling

due to hardness of Muga cocoon filaments prone to more breakages which results in higher fibre length variation.

Short fibre% < 15 mm:

It is measure of percentage fibre less than 15mm. It is one of the parameter which influences the neps, thick and thin place in the spun silk yarn. The average value of Short fibre % < 15 mm is given in fig-1, from the fig-1 it is observed that Short fibre % < 15 mm of Muga silk is significantly lesser than Mulberry silk by 12.24%. This is due to the fact that during Muga silk reeling process maximum good fibre goes as waste due to difficulty in reeling which results in longer fibre length.

Short fibre % < 25 mm:

It is measure of percentage fibre less than 25mm. The average value of Short fibre % < 25 mm is given in fig-1, from the fig 1 it is observed that Short fibre % < 25 mm of Muga silk is significantly lesser than Mulberry silk by 22.22%. This is due to the fact that during Muga silk reeling process maximum good fibre goes as waste due to difficulty in reeling which results in longer fibre length.

Longer fibre L5%:

5% of the fibre exceeds at most longer length. It is a very important parameter to decide front and back roller setting. The average value of Longer fibre L5 % is given in fig-1; from the fig 1, it is observed that longer fibre L5% of Muga silk is higher than Mulberry silk by 21.64%.

Longest fibre L1%:

1% of the fibre exceeds at most longer length. The average value of longer fibre L1% is given in fig-1, from the fig-1 it is observed that longest fibre L1 % of Muga silk is higher than Mulberry silk by 27.54%.

Weighed average of fibre length (B_{mm}%):

It is average value of fibre length balanced by the weight. The average value of B_{mm} % is given in fig-1, from the fig 1 it is observed that B_{mm} % of Muga silk is higher than Mulberry silk by 23.53%.

Weighed average of fibre length (CvB %):

It is measure of fibre length dispersion by weight. The average value of CvB % is given in fig-1, from the fig-1 it is observed that CvB % of Muga silk is higher than Mulberry silk by 2.35%.

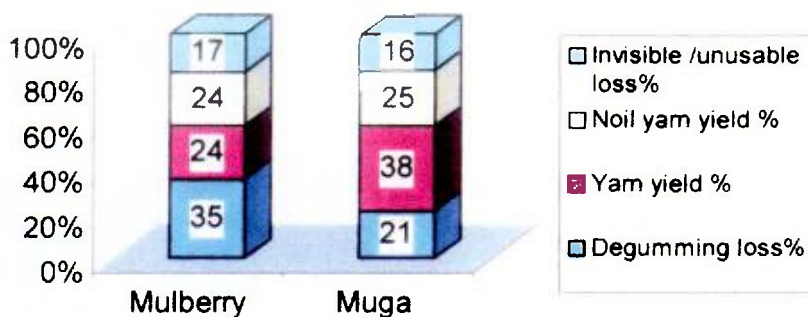
2. Muga spun silk yarn realisation:

Comparison of spun silk yarn yield % between mulberry and Muga silk waste spinning:

From the Table II & fig-2, it is observed that Degumming loss in mulberry silk is 35% and in Muga 21%. Degumming loss of Mulberry silk is higher than Muga silk by 14%. Invisible loss of mulberry silk (17%) is higher than Muga silk (16%) by 1%. Spun silk Yarn realisation of Muga silk (38%) is higher than mulberry silk (24%) by 14%. Noil yarn realisation of Muga silk (25%) is higher than mulberry silk (24%) by 1%. From the study it is revealed that spun silk yarn and Noil yarn realisation in Muga spun silk yarn processing is higher than Mulberry spun silk yarn processing, Degumming and invisible loss in Mulberry spun silk yarn processing is higher than Muga spun silk yarn processing.

Table II. Comparative statement of Muga yarn realisation in spinning.**Tableau II. Tableau comparatif sur l'obtention de fil muga dans le filage.**

| Sl No. | Particular | Mulberry | Muga | Percentage Difference |
|----------------------|---|----------|------|---------------------------|
| No. de Données série | | Mûrier | | Pourcentage de différence |
| 1 | Degumming loss % / % de perte au décreusage | 35 | 21 | 40 |
| 2 | Yarn yield % / % de rendement en fil | 24 | 38 | 58 |
| 3 | Noil yarn yield % / % de rendement en filé de bourrette | 24 | 25 | 4 |
| 4 | Invisible / unusable loss % / % de perte invisible / inutilisable | 17 | 16 | 6 |
| | Total | 100 | 100 | |

**Fig. 2. Yarn realisation %.****Fig. 2. Pourcentage d'obtention de fil.**

Invisible / unusable loss / *Perte invisible / inutilisable*. Noil yarn yield % / % de rendement en filé de bourrette.
Yarn yield % / % de rendement en fil. Degumming loss % / % de perte au décreusage.

Economics of Muga spun silk yarn:

Economics of spun silk yarn per kg is given in Table III. It is observed that the production cost of Muga spun silk yarn (Rs 998 per kg) is lesser than Mulberry spun silk yarn (Rs 1359 per kg) by Rs 361 per kg. Hence Muga spun silk yarn is cheaper than mulberry spun silk yarn.

Table III Comparative statement of economics of spun silk yarn.

Tableau III. Bilan économique comparatif sur le fil de soie filé.

| Sl. no | Particular | Mulberry | Muga |
|-------------|--|--------------|--------------|
| No. d'ordre | Données | Mûrier | |
| 1 | Cost of cocoons / waste (Rs) / <i>Coût des cocons / des déchets (Rs)</i> | 18000 | 20000 |
| 2 | Degumming charge (Rs) / <i>Coût du décreusage (Rs)</i> | 5500 | 5500 |
| 3 | Spinning charge (Rs) / <i>Coût du filage (Rs)</i> | 9120 | 14440 |
| | A. Total (Rs) | 32620 | 37940 |
| 4 | Realization from noil yarn selling (Rs) <i>Rapport de la vente de filé de bourrette (Rs)</i> | 8400 | 8750 |
| | Total (A - 4) (Rs) | 24220 | 29190 |
| 5 | Production Cost (Rs) Per kg yarn (including Noil yarn cost) <i>Coût de production (Rs) par kg de fil (y compris le coût du filé de bourrette)</i> | 1009 | 768 |
| 6 | Production Cost (Rs) Per kg yarn (excluding Noil yarn cost) <i>Coût de production (Rs) par kg de fil (sans le coût du filé de bourrette)</i> | 1359 | 998 |

3. Analysis of Yarn parameter:

The Muga & mulberry spun silk yarn were tested for the following parameters

Uster evenness (Um) %

It is a measure of Percentage deviation of mass per unit length from the mean mass per unit length, Unevenness increases with increases of U%. The Average values and CD at 5% of Um, Cvm, Cvm (1m) are given in Table IV and fig-3, from the Table it is observed that Um, Cvm, Cvm (1m) of Mulberry spun silk yarn in all the count are significantly lower than Muga spun silk yarn, these values increase with increases of yarn count. From ANOVA Table V it is observed that there is no significant difference between Muga 2/60^S, Muga 2/80^S and Mulberry 2/120^S, but the rest of the yarn has significant difference in case of Um% and Cvm%. There is no significance difference between the silks and between different counts of yarn in case of Cvm (1m) %. This is due to the fact that the fibre diameter, fibre diameter variation & length distribution variation of Muga silk is higher than mulberry silk, which influences Um%. Um, Cvm, Cvm (1m) reduces with increases of number of fibre in the yarn cross section, mulberry fibre are finer than Muga fibre which will accommodate more number of fibers in the yarn compared to Muga spun silk yarn as a results Um, Cvm, Cvm (1m) is significantly lesser than Muga spun silk yarn.

Thin places:

The Average values and CD at 5% of thin places are given Table IV and fig 4; from the Table it is observed that thin places of Mulberry spun silk yarn are little lower than Muga spun silk yarn but not significant, these values increase with increases of yarn count in case of Muga spun silk yarn. In case of mulberry spun silk yarn no thin place observed in all the count. From ANOVA Table V it is observed that thin places of 2/120^S Nm of Muga spun silk yarn shows a significant difference with other counts of yarn in both the spun silk yarn, the rest of the yarns has no significant difference.

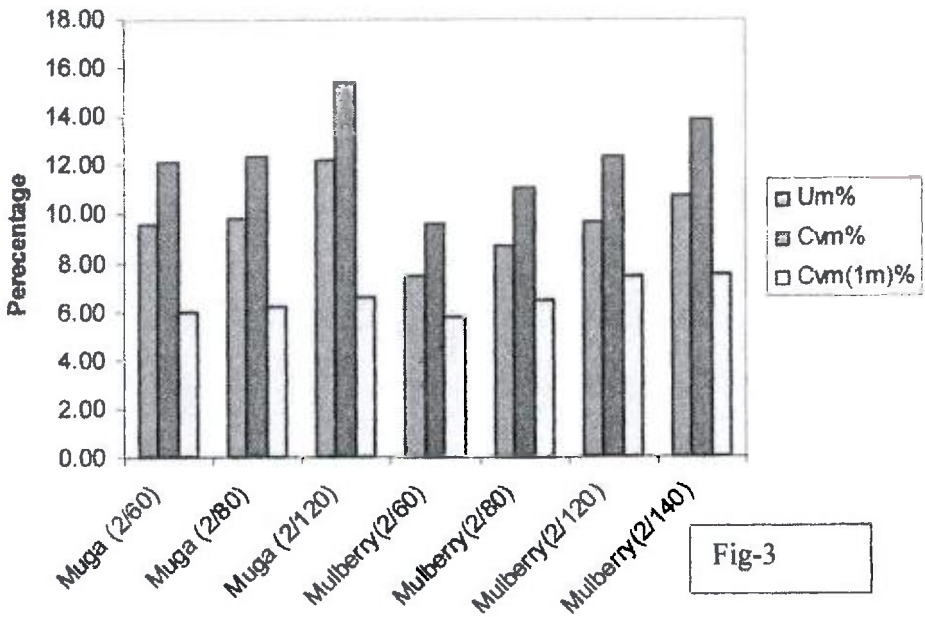


Fig. 3. Evenness properties.

Fig. 3. Propriétés de régularité.

Thick places.

The Average values and CD at 5% of thick places are given in Table IV and fig-4; from the Table it is observed that thick places of Mulberry spun silk yarn in all the count are lower than Muga spun silk yarn but not significant, these values increase with increases of yarn count in both the spun silk yarns. From ANOVA Table V it is observed that Thick places (+50%) and Thick places (+100%) have no significant difference between different counts of yarn within the silk and between the silks in corresponding counts, but 2/120^sNm of mulberry spun silk yarn has significant difference with 2/60^sNm Muga and 2/60^sNm Mulberry spun silk yarns, 2/140^sNm Mulberry spun silk yarn has significant difference with 2/60^sNm & 2/80^sNm Muga spun silk yarns and 2/60^s Mulberry spun silk yarns in case of thick places(+50%).

This is due to the fact that the Muga fibre diameter, diameter variation, fibre length distribution variation is significantly higher than mulberry silk as a result thick places of Mulberry spun silk are lesser than Muga spun silk yarn.

Neps:

The Average values and CD at 5% of Neps are given in Table IV and fig-5., from the Table it is observed that Neps counts of mulberry spun silk yarn are lesser than Muga spun silk yarn in all the counts but not significant, in both the silk Neps count decreases up to 2/80s count and again increases with increases of yarn count. From ANOVA Table V it is observed that in all types of Neps count there is no significant difference between the silks in corresponding counts, But in case of neps (+280%) 2/140^sNm Mulberry spun silk yarn has a significant difference with 2/80^sNm Muga & 2/80^sNm of mulberry spun silk yarn, the rest of the spun silk yarns has no significant difference. In

case of Neps (+200) and Neps (+140) there is a significant difference between the different counts of yarn within the variety of silk noticed.

Hairiness:

This is the measure of length of the fibre protruding from the yarn. The Average values and CD at 5% of hairiness are given in Table IV and fig-6. From the Table it is observed that hairiness of Muga spun silk yarn is significantly lesser than Mulberry spun silk yarn in all counts of yarn. Hairiness increases with increase of yarn count in both spun silk yarns. From ANOVA Table V it is observed that hairiness has a significant difference between the silks in corresponding counts of yarn and significant difference between the different counts of yarn within silk, but there is no significant difference between 2/120^SNm and 2/140^SNm of Mulberry spun silk yarn. This is due to the fact that short fibre percentage in Muga silk is significantly lesser than Mulberry silk, it influences the hairiness of the spun silk yarn, Hence hairiness of mulberry spun silk yarn is significantly higher than Muga spun silk yarns.

Index of irregularity (I):

The Average values and CD at 5% of Index of irregularity are given Table IV and fig -6; from the Table it is observed that Index of irregularity of mulberry spun silk yarn is significant lesser than Muga spun silk yarn in all the counts except 2/60^SNm, in both the silk Index of irregularity increases with increases of yarn count. From ANOVA Table V, it is observed that Index of irregularity has significant difference between different counts of Muga spun silk yarns, Index of irregularity of Muga spun silk yarn has significant difference with corresponding counts of mulberry spun silk yarn, but there is no significant difference between different counts of mulberry spun silk yarns. This is due to the fact that the Muga fibre diameter, diameter variation, fibre length distribution variation is significantly higher than mulberry silk as a result index of irregularity of Muga spun silk yarn is significantly higher than mulberry spun silk yarn.

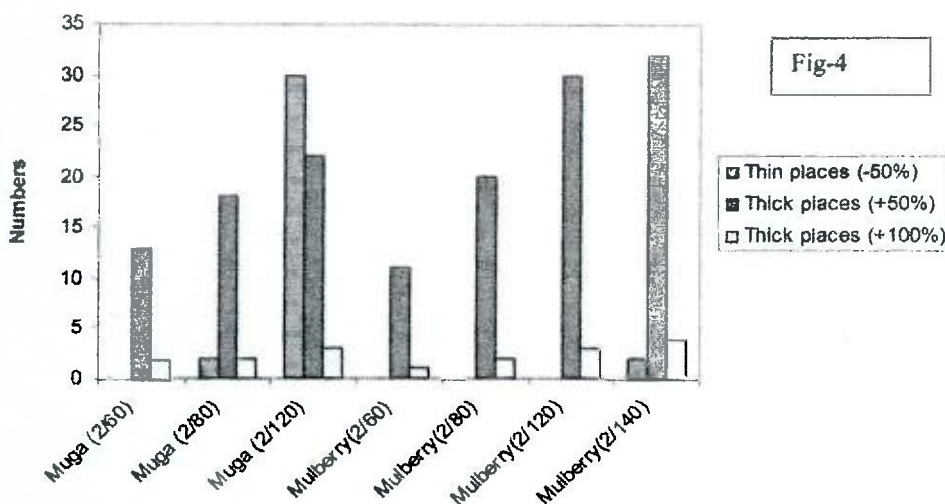


Fig. 4. Thick and thin places. /Fig. 4. Parties épaisses et fines.

Table IV. Comparative table of Muga and mulberry spun silk yarn evenness & imperfection properties.

Tableau IV. Tableau comparatif concernant la régularité et les imperfections du fil de soie filé du muga et du mûrier.

| | Count 2/60s Titre 2/60s | Count 2/80s Titre 2/80s | Count 2/120s Titre 2//120s | Count 2/140s Titre 2/140s | CD at 5% | | |
|--|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|
| Spun silk yarn evenness properties / Propriétés de régularité du fil de soie filé | | | | | | | |
| Per / 100 km | Mulberry Mûrier | Muga | Mulberry Mûrier | Muga | Mulberry Mûrier | Muga | Mulberry Mûrier |
| Um % | 7.40 | 9.55 | 8.62 | 9.80 | 9.65 | 12.21 | 10.71 |
| Cv m % | 9.57 | 12.14 | 11.05 | 12.31 | 12.32 | 15.43 | 13.83 |
| Cvm (1m) % | 5.74 | 6.00 | 6.67 | 6.22 | 7.45 | 6.62 | 7.50 |
| Spun silk yarn imperfection properties / Imperfections du fil de soie filé | | | | | | | |
| Thin Places (-50%) / Parties fines (-50%) | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 30 | 2 |
| Thick Places (+50%) / Parties épaisses (+50%) | 11 | 13 | 20 | 18 | 30 | 22 | 32 |
| Thick Places (+100%) / Parties épaisses (+100%) | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| Neps (+140%) / Bouchons (+140%) | 35 | 58 | 25 | 46 | 84 | 95 | 190 |
| Neps (+200%) / Bouchons (+200%) | 18 | 32 | 12 | 18 | 36 | 36 | 55 |
| Neps (+280%) / Bouchons (+280%) | 12 | 15 | 9 | 10 | 22 | 16 | 26 |
| Neps (+400%) / Bouchons (+400%) | 7 | 6 | 6 | 6 | 4 | 8 | 10 |
| Index (-) / Indice (-) | 1.27 | 0.98 | 1.32 | 1.56 | 1.40 | 1.78 | 1.40 |
| Hairiness (-) / Pilosité (-) | 2.62 | 1.95 | 2.88 | 2.25 | 3.27 | 2.34 | 3.32 |
| Sh (-) | 0.77 | 0.58 | 0.83 | 0.74 | 0.83 | 0.83 | 0.92 |
| Spun silk yarn Mechanical properties / Propriétés mécaniques du fil de soie filé | | | | | | | |
| Breaking Force (gf) / Force de rupture (gf) | 1026.70 | 856.20 | 666.20 | 655.30 | 447.10 | 352.90 | 370.30 |
| Elongation (%) / Allongement (%) | 8.39 | 16.41 | 7.73 | 16.00 | 6.92 | 14.48 | 6.76 |
| Tenacity (gf/den) / Résistance (gf/den) | 3.42 | 2.85 | 2.96 | 2.91 | 2.98 | 2.35 | 2.88 |
| B-Work (gf.cm) | 2697.20 | 4436.80 | 1625.80 | 3341.60 | 990.20 | 1710.40 | 793.80 |
| Young's modulus | 58.00 | 39.70 | 71.50 | 45.70 | 80.80 | 48.00 | 69.90 |

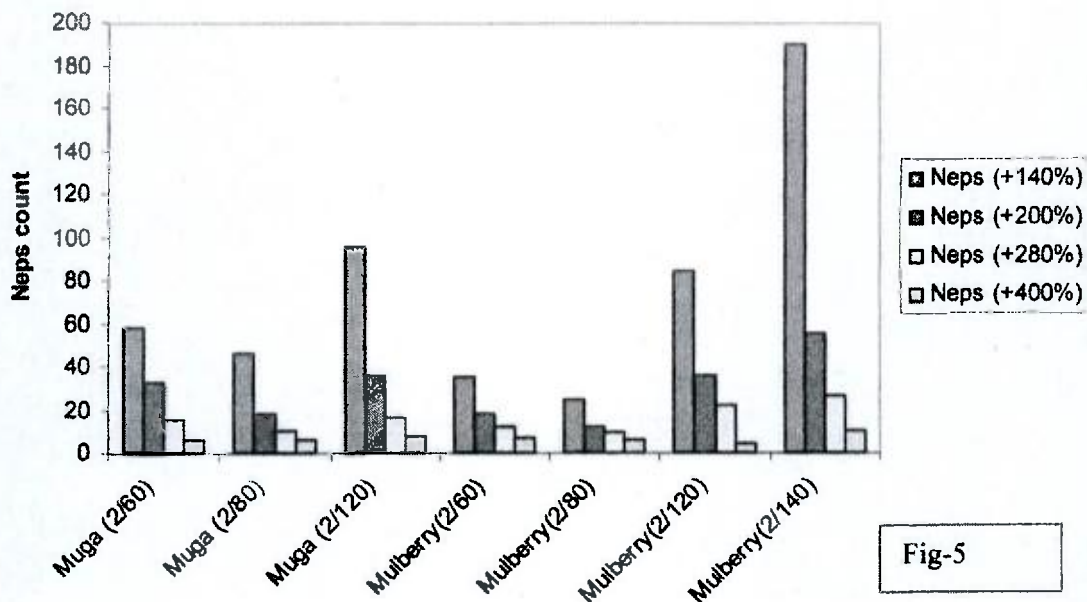


Fig-5

Fig. 5. Neps count.

Fig. 5. Compte des bouchons.

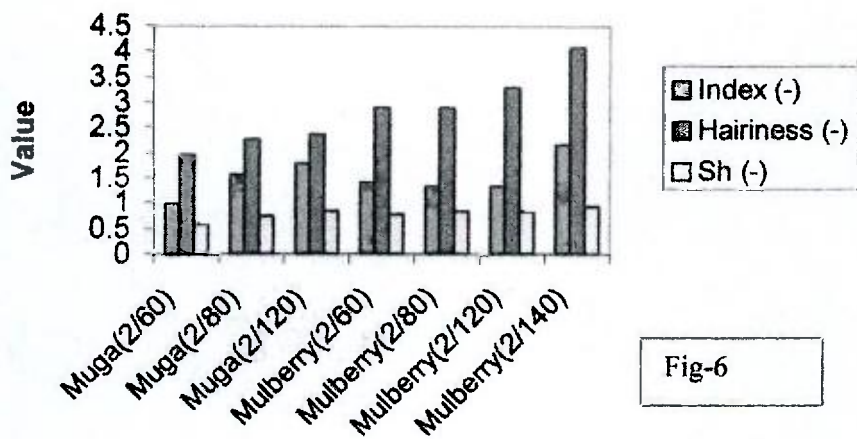


Fig-6

Fig. 6. Index of irregularity and hairiness.

Fig. 6. Indice d'irrégularité et de pilosité.

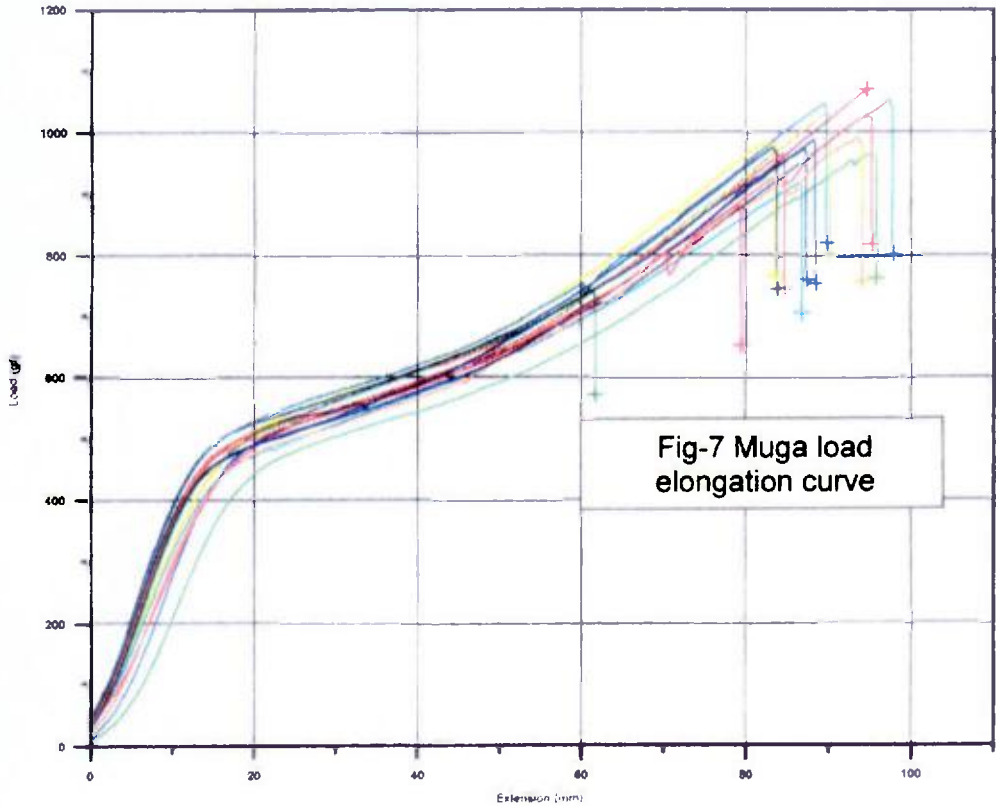


Fig. 7. Muga load elongation curve.

Fig. 7. Courbe d'allongement - charge muga

4. Mechanical properties:

Mechanical properties of Muga and mulberry spun silk yarns were tested on Instron machines, it gives the following important parameters along with load elongation curve as shown in the figs. 7 & 8, these load –elongation curve and parameters are very important to decide end uses of the spun silk yarn and fabric. The load –elongation curve shows behavior of material during loading, shape of curve indicate molecular structure arrangement in the material.

Breaking force (gf):

The Average values and CD at 5% of breaking force (gf) are given in Table IV and fig-9, from the Table it is observed that breaking force (gf) of Mulberry spun silk yarn is significantly higher than Muga spun silk yarn in all the counts. The breaking force decreases with increase of yarn count in both the spun silk yarns because the number of fibres in the cross section get reduced. From ANOVA Table V it is observed that breaking force (gf) has significant difference between corresponding counts of both silks and also between counts in both the silks, but there is no significant difference between 2/80^s Nm Muga spun silk yarn and 2/80^s Nm Mulberry spun silk yarn, between 2/120^s Nm Muga

spun silk yarn and 2/140^s Nm of Mulberry spun silk yarn. This is due to the fact that mulberry fibers are stronger than Muga silk as a result mulberry spun silk yarn is stronger than Muga spun silk yarn.

Tenacity (g/d):

The Average values and CD at 5% of Tenacity (g/d) are given in Table IV and fig-10. From the Table it is observed that Tenacity (g/d) of Mulberry spun silk yarn is significantly higher than Muga spun silk yarn in all the counts. The Tenacity (g/d) decreases with increase of yarn count in both the spun silk yarns. From ANOVA Table V it is observed that in 2/120^sNm of Muga spun silk yarn and 2/60^s of Mulberry spun silk yarns have significant difference with all the counts of yarns of both silks and rest of the spun silk yarn has no significant difference. This is due to mulberry fibers are stronger than Muga silk as a result mulberry spun silk yarn is stronger than Muga spun silk yarn. Number of fibre in the yarn cross-section get reduced as count increases which results in reduction of tenacity

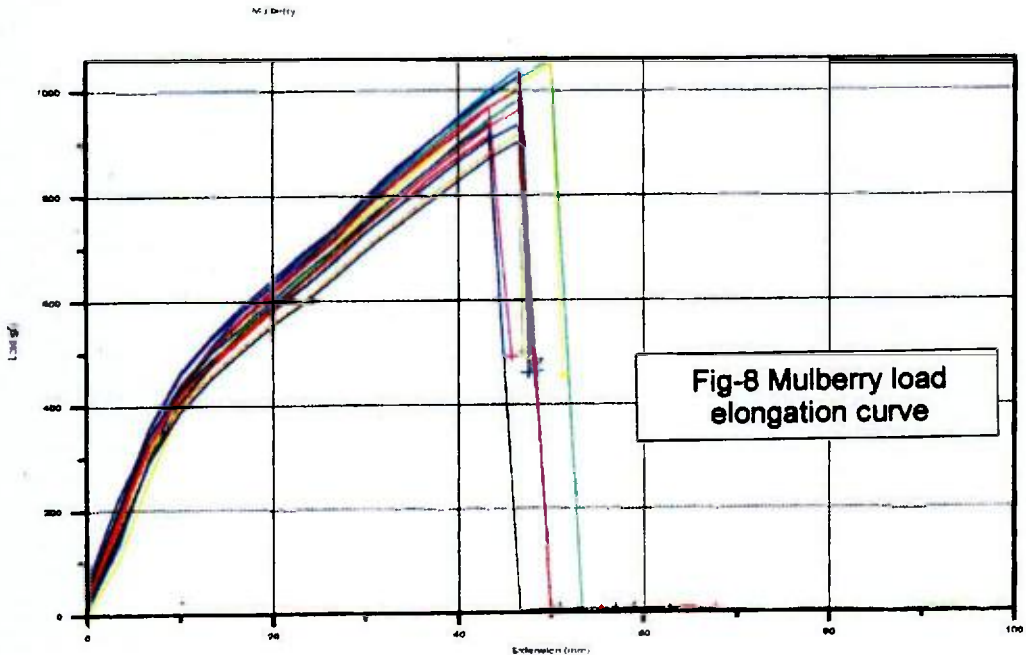


Fig. 8. Mulberry load elongation curve.

Fig. 8. Courbe d'allongement - charge mûrier.

Elongation %:

The Average values and CD at 5% of elongation % are given in Table IV and fig-11; from the table it is observed that elongation % of Mulberry spun silk yarn is significantly lesser than Muga spun silk yarn in all the counts. The elongation % decreases with increase of yarn count in both the silks. From ANOVA Table V it is observed that in both spun silk yarns there are no significant differences between 2/60^sNm and 2/80^sNm, 2/120^sNm Mulberry spun silk yarns and 2/140^sNm Mulberry spun silk yarns and rest of the yarns have significance difference. This is due to the fact

that Muga fibre elongation % is significantly higher than Mulberry fibre elongation %, fibre elongation% significantly influences the yarn elongation % of spun silk yarn. Beside this Yarn twist increases with increases of yarn count as a result spun silk yarn elongation % reduces.

B-work (gf-cm):

The Average values and CD at 5% of B-work (gf-cm) are given in Table IV and fig-12, from the Table it is observed that B-work (gf-cm) of Muga spun silk yarn is significantly higher than Mulberry spun silk yarn in all the counts. The B-work (gf-cm) decreases with increase of yarn count in both the spun silk yarns because the no of fibers get reduced in the cross section. From ANOVA Table V it is observed that B-work (gf-cm) has significant difference between the silk in corresponding counts of spun silk yarns and significant difference between different counts of yarn in both silk, but there is no significant difference between 2/120^sNm of Muga spun silk yarn and 2/80^sNm of Mulberry spun silk yarn, 2/120^s and 2/140^s of Mulberry spun silk yarns. This is due to the fact that elongation % of Muga silk is significantly higher than Mulberry silk, combination of elongation % and strength influences B-work (gf-cm). Fabric produced from Muga spun silk yarn shows high resistance to sudden shock.

Table V. ANOVA Table for Yarn evenness, imperfection and mechanical properties.

Tableau V. Tableau ANOVA pour la régularité, les imperfections et les propriétés mécaniques.

| | F ratio | Std Error | Probability |
|---|---------|------------|-------------|
| | Ratio F | Ecart type | Probabilité |
| Um % | 86.98 | 0.1603 | 0.0000 |
| Cv m % | 54.07 | 0.2550 | 0.0000 |
| Cvm (1m) % | 2.15 | 0.4643 | 0.0847 |
| Thin Places (- 50%) / Parties fines (- 50 %) | 137.48 | 0.3848 | 0.0000 |
| Thick Places (+50%) / Parties épaisses (+ 50 %) | 2.58 | 1.9479 | 0.0451 |
| Thick Places (+100%) / Parties épaisses (+ 100 %) | 0.80 | 0.4796 | 0.5771 |
| Neps (+ 140 %) / Bouchons (+ 140 %) | 12.57 | 6.34057 | 0.0000 |
| Neps (+ 200 %) / Bouchons (+ 200 %) | 3.22 | 3.2954 | 0.0183 |
| Neps (+ 280 %) / Bouchons (+ 280 %) | 1.49 | 2.0157 | 0.2239 |
| Neps (+ 400 %) / Bouchons (+ 400 %) | .75 | 0.9317 | 0.6151 |
| Index (-) / Indice (-) | 30.44 | 0.0446 | 0.0000 |
| Hairiness (-) / Pilosité (-) | 42.75 | 0.0799 | 0.0000 |
| Sh (-) | 15.85 | 0.02703 | 0.0000 |
| Breaking Force (gf) / Force de rupture (gf) | 398.21 | 12.7436 | 0.0000 |
| Elongation (%) / Allongement (%) | 287.95 | 0.2608 | 0.0000 |
| Tenacity (gf / den) / Résistance (gf / den) | 26.33 | 0.0611 | 0.0000 |
| B-Work (gf.cm) / B- Travail (gf. cm) | 293.53 | 77.1511 | 0.0000 |

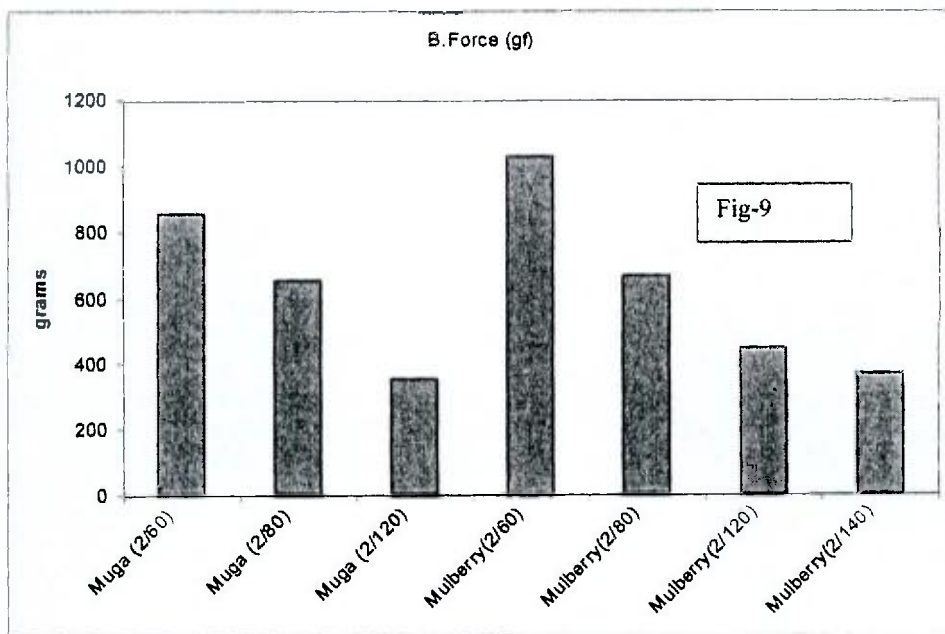


Fig. 9. B. Force (g/f).

Fig. 9. Force B. (g/f).

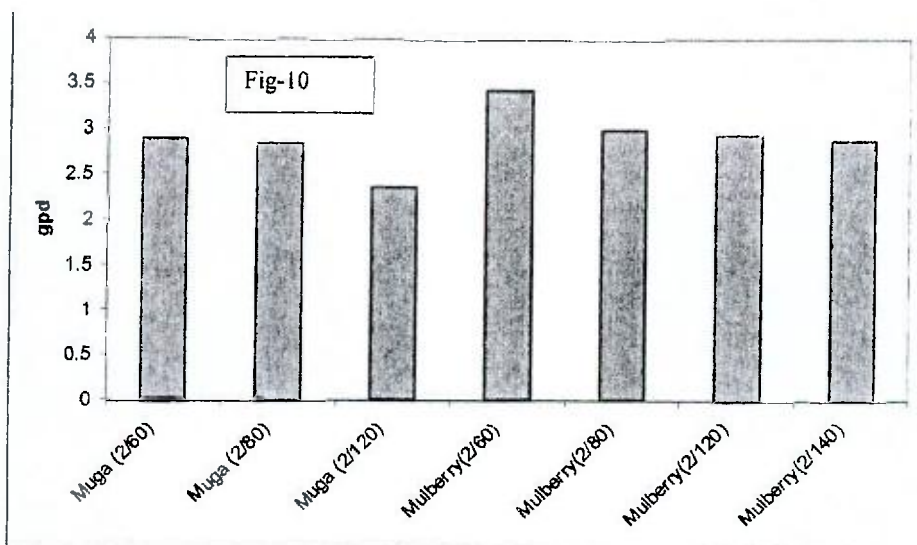


Fig. 10. Tenacity (g /d).

Fig. 10. Résistance (g / d).

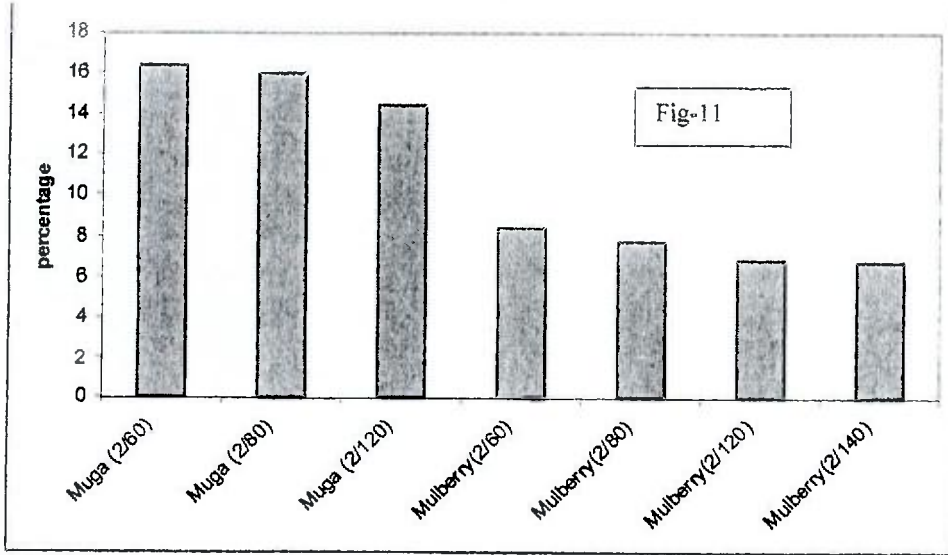


Fig. 11. Elongation (%).

Fig. 11. Allongement (%)

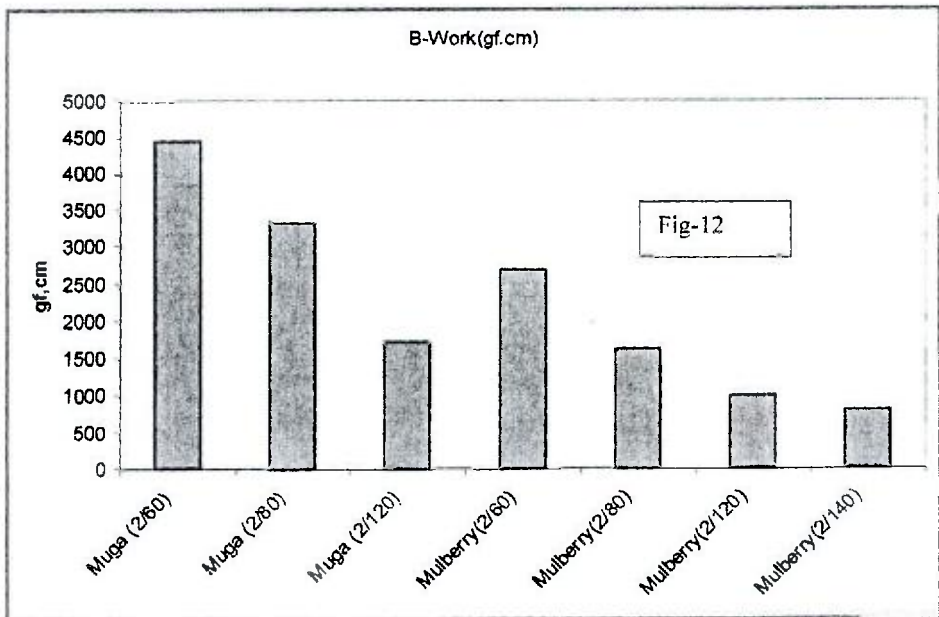


Fig. 12. B-Work (gf.cm).

Fig. 12. Travail B (gf.cm).

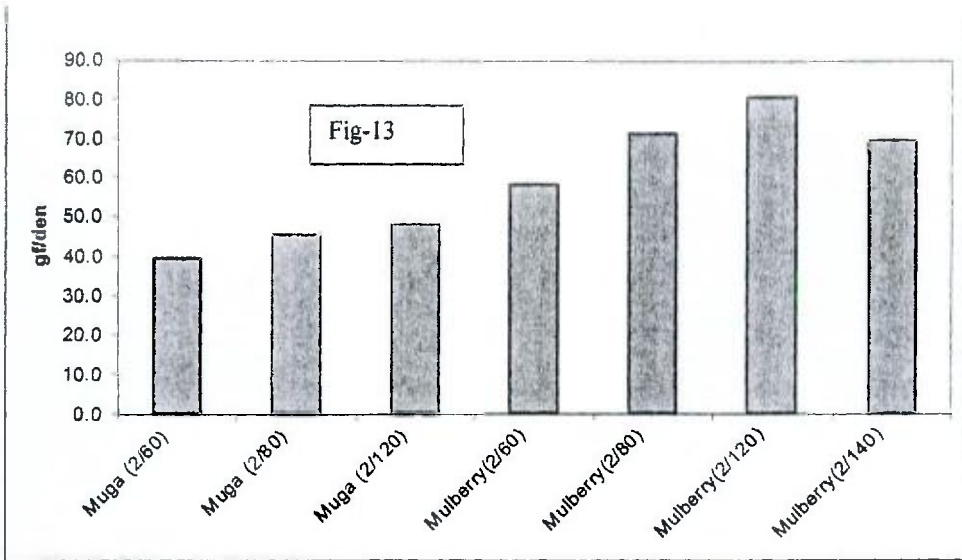


Fig. 13. Young's Modulus (gf/den).

Fig. 13. Module de Young (gf/den).

Young's modulus:

The Average values and CD at 5% of young's modulus are given in Table IV and fig-13, from the Table it is observed that young's modulus of Mulberry spun silk yarn is significantly higher than Muga spun silk yarn in all the counts. The young's modulus of both spun silk yarn increases with increase of yarn count. This is due to fact that young's modulus is influenced by the elongation %, the higher the elongation % the lesser the young's modulus and Vice-versa.

CONCLUSION

From the study it is concluded that Muga waste can be successfully degummed for mill spinning with retaining natural golden yellow colour and spun on worsted system of spinning. Muga fibre gives good fibre length distribution to produce quality spun silk yarn and good spinning performance than mulberry silk. Muga silk gives lesser short fibre percentage than mulberry silk. Degumming and invisible loss in Muga silk is lesser than in Mulberry during spinning process. Spun silk yarn and Noil realisation in Muga spinning is higher than in Mulberry silk. Cost of production of Muga spun silk yarn is significantly lesser than Mulberry spun silk yarn. From Muga waste upto 2/120^s Nm spun silk yarn can be produced while in case of mulberry upto 2/140^s Nm spun silk yarn can be produced.

Evenness of Mulberry spun silk yarn is higher than Muga spun silk yarn; it is directly correlated with fibre fineness & quality. Yarn evenness decreases with increase of yarn count in both silk. There is no significant difference between Mulberry and Muga spun silk yarn in case of imperfections. Imperfections increase with increases of yarn count in both spun silk yarns. Hairiness of Muga spun silk yarn is lesser than Mulberry spun silk yarn, hairiness increases with increases of yarn count. Index

of irregularly of Muga spun silk yarn is lesser than mulberry spun silk yarn, Index of irregularity increases with increases of yarn count. Breaking strength, tenacity, and young's modulus of mulberry spun silk yarn is higher than Muga spun silk yarn. Breaking strength, tenacity, breaking work force and elongation % is reduced with increase of yarn count. Young's modulus increases with increase of yarn count. Muga spun silk yarn is best suited to produce crease resistant fabric due to higher elongation% and suited to produce parachute due to high resistant to sudden shock from higher B-workforce. Muga spun silk produced on mil spinning can be woven on handloom, power loom and shuttles less loom. Hosiery products can also be produced on both hand and power operated flat and circular knitting machines. Muga mill spun silk yarn can be used for manufacturing of lighter to heavy fabrics like Inner ware, dress material, fashionable fabric, ornamental fabric, thicker fabric like chadder and carpet, wall hangings, and furnishings. From this new technology there is additional revenue to Muga reelers and spinners, from this lot of employment will be generated directly and indirectly.

REFERENCES

- KARIYAPPA, S.A.HIPPARAGI, SUBRATA ROY & T.H SOMASHEKAR Degumming of Eri cocoons for Mill spinning, Indian Silk, March 2006 page no 17-20.
- KARIYAPPA, T.H.SOMASHEKAR, SUBRATA ROY & G.N.RAMASWAMY Large scale mill spinning of Eri cocoons-A possibility, Indian Silk August 2006, p.19-23.
- 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 p. 339-349.
- KARIYAPPA, P.M.DAMODARA RAO, G.N.RAMASWAMY, SUBRATA ROY & T.H.SOMASHEKAR & UDAY C, Javali.Comparative studies on physical properties of mulberry, Tasar, Muga and Eri silk fibre. Man made textiles in India, March 08 p. 85-89 & 93. www.indiansilk.kar.nic.in
- NEERU SALUJA, M.MADAN & P.VASUDEVAN Y.K. KUSUMGAR Physical chemical properties of mulberry and Eri silk fiber by Book of papers, 52nd all India textile conference 26th, and 27th, (10), 1996
- NEEMA PAPNI & ALKA GOEL Physical properties of Rambouillet wool and mulberry silk waste fibres Asian Textile Journal p 62-65 Jan 2007.
- J.E.BOOTH. Text book of Principles of textile testing 3rd edition
- ERNEST R.KASWELL Text book of Textile fibres, yarns and Fabrics, Reinhold publishing corporation.

ETUDES SUR LA TRANSFORMATION DES DECHETS DU MUGA DANS LA FILATURE POUR PRODUIRE UN FIL DE SOIE FILE DE QUALITE ET PRESENTATION DE SES CARACTERES

KARIYAPPA¹, K. P. SHIVAKUMAR¹, P. M. DAMODARA RAO², SUBRATA ROY²
& T. H. SOMASHEKAR²

1. Central Sericultural Research and Training Institute, Central Silk Board, Sri Rampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, Inde.
2. Central Silk Technological Research and Training Institute, Central Silk Board, Madiwala, Bangalore 560 068, Inde.

Dans cet article, on a décreusé avec succès les déchets de muga et on les a transformés sur un système de filage peigné. On a mesuré la perte au décreusage, le rapport et le bilan économique du fil. On a testé les caractères du fil de soie muga filé selon les méthodes de test standard internationales. On a comparé les résultats entre la soie muga et mûrier en fonction des besoins de l'industrie. Nous présentons les résultats détaillés de l'étude.

INTRODUCTION

La soie muga de couleur jaune doré est la prérogative de l'Inde et la fierté de l'Etat de l'Assam. On l'obtient à partir du ver à soie polyvoltin semi-domestiqué, *Antheraea assamensis*. Ces vers à soie se nourrissent sur les feuilles aromatiques des plants de Som et de Soalu et on les élève sur des arbres similaires à ceux du tasar. L'élevage du muga est spécifique à l'Etat de l'Assam et fait partie intégrante de la tradition et de la culture de cet état. La production annuelle de soie grège muga est de 110 tonnes et on l'élève sur pas moins de 35,3 millions d'hectares. La soie grège muga est produite à partir de cocons muga par le dévidage et on l'utilise pour obtenir des produits de valeur comme les sarees, les mekhalas, les chaddars, les tissus pour robes. Le poids du cocon muga est compris entre 5 et 6 grammes, le poids de la coque est compris entre 0,5 et 0,6 g, la longueur du filament est compris entre 500 et 800 mètres, le pourcentage de rendement en soie est compris entre 40 et 50 % et il faut 4000 à 5000 cocons pour produire un kg de soie grège d'un titre de 40 à 45. Les cocons muga sont dévidables pour produire une soie grège fine de qualité au titre entre 40 et 45.

Les différents types de déchets de soie générés pendant les différents processus sont les suivants :

Déchets de cocons : cocons percés, cocons avec de petits trous, cocons coupés par des rats cocons mous, cocons doubles, cocons marqués par l'urine, tachés et tombés sur le sol.

Déchets de dévidage : Déchets de bourre, déchets de cuisson, déchets de dévidage, déchets de pélette et déchets de reflottage.

Après avoir dévidé la soie des cocons, la partie non déroulable de la masse emmêlée et les filaments plus courts, qui représentent environ 60 % constituent les déchets de dévidage. Auparavant, ces déchets de dévidage n'avaient aucune valeur commerciale, mais maintenant avec la mise au point du processus de filage de la soie, on peut les utiliser pour produire du fil filé à la main ainsi qu'à la machine. Les déchets de muga étaient donc convertis en fil filé avec le Takli (un système rudimentaire) et sur une machine de filage du CSRTI (c'est-à-dire un système de filage à la main amélioré). Ces systèmes consomment une petite quantité de déchets de cocons et de dévidage, la majorité était perdue

sans pouvoir être utilisés correctement. Le fil filé produit avec le filage à la main a peu de possibilités d'utilisation, on ne peut l'utiliser que pour produire des tissus plus bruts, comme les cheddars, les châles et les étoles et on ne peut pas le tisser sur des métiers électriques, sur des métiers sans navettes ainsi que sur des machines à tricoter.

Cette étude a donc été entreprise pour filer de grandes quantités de déchets de muga (déchets de cocon et déchet de dévidage) pour utiliser efficacement tous les déchets générés et pour produire un fil de soie muga filé de qualité supérieure. On décreuse et on file les déchets de cocons et les déchets de dévidage avec succès sur des appareils italiens et on produit des comptes 2/60^SNm, 2/80^SNm et 2/80^SNm de fil de soie muga filé et des comptes 2/60^SNm, 2/80^SNm, 2/20^SNm et 2/140^SNm de fil de soie mûrier filé à partir de déchets.

On peut utiliser le fil de soie muga filé pour fabriquer toutes sortes de tissus des plus légers aux plus épais, comme les sous-vêtements, les tissus pour les robes, les tissus à la mode, les tissus d'ornements, les tissus plus épais comme les chadders et les tapis, les tentures murales et les tissus d'ameublement. Ces fils sont même adaptés pour des produits de bonneterie. On peut tisser le fil muga filé sur un métier manuel, un métier électrique et sur les derniers métiers sans navette. On peut aussi produire des tissus de bonneterie à la fois sur des machines à tricoter à plat et circulaires manuelles ainsi que sur les dernières machines modernes.

On procède au décreusage pour la filature de manière à ce qu'il y reste 2 à 3 % de sérécine, 4 à 5 % d'huile et de graisses dans la fibre pour éviter d'abimer la fibre pendant le processus de filage, mais aussi pour garder la couleur jaune doré naturelle.

On a réalisé une étude comparative sur le traitement de la soie mûrier filée et sur les caractéristiques de fil de soie filé. D'après cette étude, on a observé que la perte au décreusage, la perte pendant le traitement sont moins importantes pendant le traitement des déchets de soie muga par comparaison au fil de soie mûrier et le fil de soie muga filé est meilleur marché que le fil de soie mûrier filé pour tous les comptes de fil.

MATERIELS ET METHODES

On a acheté 200 kg de déchets de muga au DOS de Guwahati, Assam.

On se procure 200 kg de déchets de soie mûrier auprès du CSRTI

Décreusage pour la filature :

Après plusieurs essais de décreusage des déchets de muga au CSRTI pour la standardisation, on procède au décreusage en masse dans l'Unité de Décreusage de M/s Afsal Khan de Ramanagaram, en utilisant la recette suivante.

Etape 1 : Traitement au savon et à la soude :

1^{ere} ébullition avec 10 gl de savon et 5 gl de soude pendant 1 heure, 2^{ème} ébullition avec 5 gl de savon et 2,5 gl de soude pendant ½ h, suivies par une ébullition dans de l'eau pendant 1 heure.

Etape 2 : Traitement de carbonisation :

| | |
|---|------------|
| Acide sulfurique | 0,5 % |
| Ratio matériel – liqueur | 1 : 30 |
| Traitement dans une solution froide | 10 minutes |
| Lavage soigneux pour dissoudre la cellulose et la chrysalide. | |

Etape 3 : Traitement de bruissement de la soie :

| | |
|-------------------------|--------|
| Acide acide (40 %) | 0,5 % |
| Ratio matériel- liqueur | 1 : 30 |

Traitement dans une solution tiède 20 minutes
Lavage soigneux pour donner l'effet de bruissement de la soie.

Etape 4 :

Hydro extraction – séchage dans un four à air chaud condensé, pendant 6 h, suivi par un séchage à l'ombre naturelle – Traitement au gaz ammoniac pendant 10 minutes, en la conservant ensuite 12 h dans la même hotte pour neutraliser l'acide – vaporisation d'un agent anti-statique et traitement pendant la nuit.

Filage :

On procède au filage sur un système de filage avec peignage à M/s Kareem Silk sur une technologie italienne comme le montre le schéma opérationnel ; les paramètres de la fibre utilisée pour le filage sont présentés dans le Tableau I.

Méthodes de test :

Test de la qualité du fil :

On utilise les instruments suivants pour tester les paramètres de qualité de la fibre et du fil.

1. On mesure la valeur de la hauteur et la distribution de la longueur de la fibre en utilisant un instrument de mesure Texlab. C'est un système automatique Uster FL100 pour le recueil de la fibre. Cet instrument trie les fibres selon leur longueur et les fibres recueillies sont analysées avec l'appareil de mesure Uster AL 100. Cet instrument scanne automatiquement la fibre et donne un diagramme et une valeur sous forme imprimée. On prend 5 répétitions pour chaque échantillon, chaque échantillon pesant environ 15 grammes.

2. On mesure l'inégalité et les imperfections du fil en utilisant un Uster 3. On prend 5 répétitions pour chaque échantillon. On conserve la vitesse du fil à 400 mètres par min, durée d'enregistrement 1 minute et tension 37,5 %.

3. Les propriétés de résistance et d'allongement des fils de soie filée ont été mesurées en utilisant un modèle Instron no. 5000R de test de résistance, en utilisant une méthode de test IS 1670-1991 – 500 mm GI 20 sec. Pour cela, on prend 15 échantillons de fil pour chaque variété de soie.

Analyse statistique :

On analyse les paramètres de qualité du fil avec une ANOVA à un facteur en utilisant un ensemble SPSS 11.5 et Windowstat.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse de la hauteur :

La courbe de distribution de la hauteur donne des informations détaillées sur la distribution de la longueur de la fibre et sur les paramètres importants de la fibre. Pour un fil de soie filé de qualité et une bonne performance du filage, une bonne distribution de la longueur de la fibre est très importante.

Les graphiques 1 et 2 montrent le diagramme de distribution de la longueur de la fibre de soie muga ainsi que de la fibre de soie mûrier. Cette analyse a été réalisée pour mesurer la distribution de la longueur de la fibre et le % de fibres courtes de la soie mûrier et de la soie muga, qui décide de la capacité de filage et de la qualité du fil de soie filé.

Moyenne arithmétique de la longueur de la fibre (H_{mm}) :

C'est une longueur moyenne de la fibre contrebalancée par la section des fibres, la régularité H_{mm} du fil augmente aussi jusqu'à 80 mm puis diminue.

La valeur moyenne de H_{mm} est présentée dans la fig. 1, d'après la fig. 1, on observe que la moyenne arithmétique de la longueur de la fibre (H_{mm}) de la soie muga est plus élevée que celle de la soie mûrier de 21,55 %, cela est dû au fait que pendant le processus de dévidage de la soie muga, un maximum de bonnes fibres part comme déchets, cela contribue à une longueur de fibres plus élevée.

Coefficient de variation (C_{VH}) :

C'est une mesure de la dispersion de la longueur de la fibre. La valeur moyenne de (C_{VH}) est présentée dans la fig. 1. D'après la fig. 1, on observe que le coefficient de variation de la fibre de soie muga est plus élevé que celui de la soie mûrier de 5,3 %. Cela est dû au fait que le dévidage de la soie muga n'est pas aussi facile que le dévidage de la soie mûrier, en raison de la dureté des filaments de cocons muga sujets à plus de ruptures, qui entraîne une variation plus élevée de la longueur de la fibre.

Fibres courtes < 15 mm :

C'est une mesure du pourcentage de fibres inférieur à 15 mm. C'est l'un des paramètres qui influence les bouchons, les parties épaisses et fines du fil de soie filé. La valeur moyenne du % de fibres courtes < 15mm est présentée dans la fig. 1 ; d'après la fig. 1, on observe que le % de fibres courtes < 15 mm de la soie muga est significativement moins important que celui de la soie mûrier de 12,24 %. Cela est dû au fait que pendant le processus de dévidage de la soie muga, un maximum de bonnes fibres part en déchets en raison de la difficulté à dévider, qui entraîne une longueur de fibres plus longue.

% de fibres courtes < 25 mm :

C'est une mesure du pourcentage de fibres inférieures à 25 mm. La valeur moyenne du % de fibres courtes < 25 mm est présentée dans la fig. 1, d'après la fig. 1, on observe que le % de fibres courtes < 25 mm de la soie muga est significativement moins important que celui de soie mûrier de 22,22 %. Cela est dû au fait que pendant le processus de dévidage de la soie muga, un maximum de bonnes fibres part comme déchets, en raison de la difficulté à dévider qui donne une longueur de fibre plus longue.

% L5 de la fibre plus longue:

Ce sont les 5 % de la fibre qui dépassent la longueur la plus longue . C'est un paramètre très important pour décider de la position des enrouleurs avant et arrière. La valeur moyenne de la fibre la plus longue, le % L5 est présenté dans la fig. 1 ; d'après la fig. 1, on observe que le % L5 de la plus longue fibre de soie muga est supérieur à celui de la soie mûrier de 21,64 %.

% L1 de la fibre la plus longue:

Ce sont les 1 % de la fibre qui dépassent la longueur la plus longue. La valeur moyenne du % L1 de la plus longue fibre est présentée dans la fig. 1, d'après la fig. 1, on observe que le % L1 de la plus longue fibre de la soie muga est supérieur à celui de la soie mûrier de 27,54 %.

Moyenne en poids de la longueur de la fibre (% B_{mm}) :

C'est la valeur moyenne de la longueur de la fibre contrebalancée par le poids. La valeur moyenne du % B_{mm} est présentée dans la fig. 1, d'après la fig. 1, on observe que le % B_{mm} de la soie muga est plus élevé que celui de la soie mûrier de 23,53 %.

Moyenne en poids de la longueur de la fibre (% CvB) :

C'est une mesure de la dispersion de la longueur de la fibre en poids. La valeur moyenne du % CvB est présentée dans la fig 1 ; d'après la fig. 1, on observe que le % CvB de la soie Muga est plus élevé que celui de la soie mûrier de 2,35 %.

2. Obtention de fil de soie muga filé :

Comparaison du % de rendement en fil de soie filé entre le filage des déchets de soie mûrier et muga :

D'après le Tableau II et la fig. 2, on observe que la perte au décreusage de la soie mûrier est de 35 % et de la soie muga de 21 %. La perte au décreusage de la soie mûrier est plus élevée que celle de la soie muga de 14 %. La perte invisible de la soie mûrier (17 %) est supérieure à celle de la soie muga (16 %) de 1 %. L'obtention de fil de soie muga filée (38 %) est supérieure à celle de la soie mûrier (24 %) de 14 %. Le rapport du filé de bourrette de la soie muga (25 %) est supérieur à celui de la soie mûrier (24 %) de 1 %. L'étude révèle que l'obtention de fil de soie filé et du filé de bourrette lors du traitement du fil de soie muga filé est supérieur à celui que l'on obtient pendant le traitement du fil de soie mûrier filé. La perte au décreusage et la perte invisible pendant la transformation du fil de soie mûrier filé sont supérieures à celles qui se produisent pendant la transformation du fil de soie muga filé.

Bilan économique du fil de soie muga filé :

Le bilan économique du fil de soie filé est présenté dans le Tableau III. On observe que le coût de production du fil de soie muga filé (998 Rs par kg) est moins important que celui du fil de soie mûrier filé (1359 Rs par kg) de 361 Rs par kg. Le fil de soie muga filé est donc moins cher que le fil de soie mûrier filé.

3. Analyse des paramètres du fil :

On teste les paramètres suivants du fil de soie muga et mûrier filé :

% de régularité Uster (Um) :

C'est une mesure du % d'écart de la masse par unité de longueur par rapport à la masse moyenne par unité de longueur, l'irrégularité augmente avec les augmentations du % U. Les valeurs moyennes et la DC (différence critique) à 5 % de l'Um, du Cvm, du Cvm (1m) sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 3, d'après le Tableau, on observe que l'Um, le Cvm, le Cvm (1m) du fil de soie mûrier filé pour tous les comptes sont significativement plus bas que ceux du fil de soie muga filé, ces valeurs augmentent avec le compte de fil. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe qu'il n'y a pas de différence significative entre le Muga 2 / 60^s, le Muga 2 / 80^s et le mûrier 2 / 120^s, mais le reste du fil présente une différence significative dans le cas du % Um et du % Cvm. Il n'y a pas de différence significative entre les soies et entre les différents comptes de fil dans le cas du % Cvm (1m). Cela est dû au fait que le diamètre de la fibre, la variation du diamètre de la fibre et la variation de la distribution de la longueur de la soie muga sont supérieurs à ceux de la soie mûrier, ce qui influence le % Um. Um, Cvm, Cvm (1m) diminuent avec les augmentations du nombre de fibres dans la coupe transversale du fil, les fibres du mûrier sont plus fines que les fibres du muga, ce qui permet de contenir un nombre plus important de fibres dans le fil par comparaison au fil de soie muga filé, par conséquent l'Um, le Cvm, le Cvm (1 m) sont significativement inférieurs à ceux du fil de soie muga filé.

Parties fines :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % des parties fines sont présentées dans le Tableau IV et la fig. 4 ; on observe d'après le Tableau que les parties fines du fil de soie mûrier filé pour tous les comptes sont légèrement plus faibles que pour le fil de soie muga filé mais non significatives, ces

valeurs augmentent avec le compte de fil dans le cas du fil de soie muga filé. Dans le cas du fil de soie mûrier filé, on n'observe pas de parties fines pour tout le compte. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que les parties fines de $2/120^S$ Nm du fil de soie muga filée présentent une différence significative avec les autres comptes pour les deux fils de soie filé, le reste des fils ne présente pas de différence significative.

Parties épaisses :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % des parties épaisses sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 4 ; d'après le Tableau, on observe que les parties épaisses du fil de soie mûrier filé pour tous les comptes sont inférieures à celles du fil de soie muga filé, mais non significatives, ces valeurs augmentent avec l'augmentation du compte de fil chez les deux fils de soie filée. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que les parties épaisses (+ 50 %) et les parties épaisses (+ 100 %) ne présentent pas de différence significative entre les différents comptes de fil au sein de la soie et entre les soies pour les comptes correspondants, mais le $2/120^S$ Nm du fil de soie mûrier filé présente une différence significative avec le fil de soie muga filé $2/60^S$ Nm et les fils de soie mûrier filés $2/60^S$ Nm et $2/140^S$ Nm. Le fil de soie mûrier filé présente une différence significative avec les fils de soie muga $2/60^S$ Nm et $2/80^S$ Nm et avec le fil de soie mûrier filé $2/60^S$ dans le cas des parties épaisses (+ 50 %). Cela est dû au fait que le diamètre de la fibre, la variation du diamètre, la variation de la distribution de la longueur de la fibre du muga sont significativement plus élevées que celles de la soie mûrier, par conséquent il y a moins de parties épaisses dans le fil de soie mûrier filé que dans le fil de soie muga filé.

Bouchons :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % des bouchons sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 5 ; d'après le Tableau, on observe que les comptes de bouchons du fil de soie mûrier filé sont inférieurs à ceux du fil de soie muga filé pour tous les comptes, mais non significatifs, le compte en bouchons baisse jusqu'au compte $2/80^S$ et augmente à nouveau avec les augmentations du compte de fil. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que pour tous les types de comptes de bouchons, il n'y a pas de différence significative entre les soies pour les comptes correspondants. Mais dans le cas des bouchons (+ 280 %), le fil de soie mûrier filé $2/140^S$ Nm présente une différence significative avec le fil de soie muga filé $2/80^S$ Nm et $2/80^S$ Nm du mûrier, le reste des fils de soie filé ne présente pas de différence significative. Dans le cas des bouchons (+ 200) et des bouchons (+ 140), il y a une différence significative entre les différents comptes de fil au sein de la variété de soie observée.

Pilosité :

C'est une mesure de la longueur de fibre qui dépasse du fil. Les valeurs moyennes et la DC à 5 % de la pilosité sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 6. D'après le Tableau, on observe que la pilosité du fil de soie muga filé est significativement moins importante que celle du fil de soie mûrier filé pour tous les comptes. La pilosité augmente avec le compte de fil chez les deux types de fils de soie filé. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que la pilosité présente une différence significative entre les soies pour les comptes correspondants de fil et une différence significative entre les différents comptes de fil au sein de la soie, mais il n'y a pas de différence significative entre $2/120^S$ Nm et $2/140^S$ Nm du fil de soie mûrier filé. Cela est dû au fait que le % de fibres courtes de la soie muga est significativement inférieur à celui de la soie mûrier, cela influence la pilosité du fil de soie filé. La pilosité du fil de soie mûrier filé est donc significativement supérieure à celle des fils de soie muga filés.

Indice d'irrégularité (I) :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % de l'indice de régularité sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 6, d'après le Tableau, on observe que l'indice d'irrégularité du fil de soie mûrier filé est significativement moins important que celui du fil de soie muga filé pour tous les comptes sauf pour $2/60^S$ Nm, chez les deux soies l'indice d'irrégularité augmente avec les augmentations du compte de fil. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que l'indice de l'irrégularité présente une différence significative entre les différents comptes de fil de soie muga filé, l'indice d'irrégularité du fil de soie muga filé présente une différence significative avec les comptes correspondants du fil de soie mûrier filé, mais il n'y a pas de différence significative entre les différents comptes de fil de soie mûrier filés. Cela est dû au fait que le diamètre de la fibre, la variation du diamètre, la variation de la distribution de la longueur de la fibre du muga sont significativement supérieurs à ceux de la soie mûrier, par conséquent l'indice d'irrégularité du fil de soie filé muga est significativement supérieur à celui du fil de soie mûrier filé.

4. Propriétés mécaniques :

On teste les propriétés mécaniques des fils de soie muga et mûrier filés sur des machines Instron, elles donnent les paramètres importants suivants ainsi que la courbe d'allongement de la charge comme le montrent les figs. 7 et 8, cette courbe et ces paramètres charge-allongement sont très importants pour décider des utilisations finales du fil de soie filé et du tissu. La courbe charge-allongement montre le comportement de la matière pendant la charge, la forme de la courbe indique la disposition de la structure moléculaire de la matière.

Force de rupture (gf) :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % de la force de rupture (gf) sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 9 ; d'après le Tableau on observe que la force de rupture (gf) du fil de soie mûrier filé est significativement plus élevée que celle du fil de soie muga filé pour tous les comptes. La force de rupture baisse avec l'augmentation du compte de fil pour les deux fils de soie filés parce que le nombre de fibres dans la coupe transversale diminue. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que la force de rupture (gf) présente une différence significative entre les comptes correspondants des deux soies et aussi entre les comptes chez les deux soies, mais il n'y a pas de différence significative entre le fil de soie muga filé $2/80^S$ Nm et le fil de soie mûrier filé $2/80^S$ Nm, entre le fil de soie muga filé $2/120^S$ Nm et le fil de soie mûrier filé $2/140^S$ Nm. Cela est dû au fait que les fibres de mûrier sont plus fortes que la soie muga, par conséquent le fil de soie mûrier filé est plus fort que le fil de soie muga filé.

Résistance (g/d) :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % de la résistance (g / d) sont présentées dans le Tableau V et dans la fig. 10. D'après le Tableau, on observe que la résistance (g / d) du fil de soie mûrier filé est significativement plus élevée que celle du fil de soie muga filé pour tous les comptes. La résistance (g / d) baisse avec l'augmentation du compte de fil chez les deux fils de soie filés. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que le fil de soie muga filé de $2/120^S$ Nm et le fil de soie mûrier filé de $2/60^S$ Nm présentent une différence significative avec tous les comptes de fils des deux soies et le reste du fil de soie filé ne présente pas de différence significative. Cela est dû au fait que les fibres de mûrier sont plus fortes que celles de la soie muga, par conséquent le fil de soie filé mûrier est plus fort que le fil de soie muga filé. Le nombre de fils dans la coupe transversale du fil diminue alors que le compte augmente, ce qui entraîne une diminution de la résistance.

% d'allongement :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % du % d'allongement sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 11 ; d'après le Tableau, on observe que le % d'allongement du fil de soie mûrier filé est significativement inférieur à celui du fil de soie muga filé pour tous les comptes. Le % d'allongement baisse avec l'augmentation du compte de fil chez les deux soies. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que dans les deux fils de soie filés, il n'y a pas de différence significative entre les fils de soie mûrier filés de $2/60^S$ Nm et $2/80^S$ Nm, $2/120^S$ Nm et $2/140^S$ Nm et le reste des fils présente une différence significative. Cela est dû au fait que le % d'allongement de la fibre muga est significativement plus élevé que le % d'allongement de la fibre mûrier, le % d'allongement influence significativement le % d'allongement du fil de soie filé. En plus de cela, la torsion du fil augmente avec les augmentations du compte de fil, par conséquent le % d'allongement du fil de soie diminue.

Travail B (gf-cm) :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % du travail B (gf-cm) sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 12, d'après le Tableau, on observe que le travail B (gf-cm) du fil de soie muga filé est significativement plus élevé que celui du fil de soie mûrier filé pour tous les comptes. Le travail (gf-cm) baisse avec l'augmentation du compte de fil chez les deux fils de soie filé parce que le nombre de fibres diminue dans la coupe transversale. D'après le Tableau V de l'ANOVA, on observe que le travail-B (gf-cm) présente une différence significative entre les soies pour les comptes correspondants des fils de soie filé et une différence significative entre les différents comptes de fil chez les deux soies, mais il n'y a pas de différence significative entre le fil de soie muga filé $2/120^S$ Nm et le fil de soie mûrier filé $2/80^S$ Nm, et entre les fils de soie mûrier filé $2/120^S$ et $2/140^S$. Cela est dû au fait que le % d'allongement de la soie muga est significativement supérieur à celui de la soie mûrier, la combinaison du % d'allongement et de la force influencent le travail-B (gf-cm). Les tissus produits à partir de fil de soie muga filé présentent une résistance importante aux chocs soudains.

Module de Young :

Les valeurs moyennes et la DC à 5 % du module de Young sont présentées dans le Tableau IV et dans la fig. 13, d'après le Tableau, on observe que le module de Young du fil de soie mûrier filé est significativement plus élevé que celui du fil de soie muga filé pour tous les comptes. Le module de Young des deux fils de soie filé augmente avec l'augmentation du compte de fil. Cela est dû au fait que le module de Young est influencé par le % d'allongement, plus le % d'allongement est élevé, plus le Module de Young est inférieur et vice versa.

CONCLUSION

D'après l'étude, on conclue qu'on peut décreuser avec succès les déchets de muga pour la filature en retenant la couleur jaune doré naturelle et on peut les filer sur le système de filage avec peignage. La fibre muga donne une bonne distribution de la longueur de la fibre pour produire un fil de soie filé de qualité et une meilleure performance de filage que le mûrier. La fibre muga donne un % de fibres courtes inférieur à celui du mûrier. La perte au décreusage et la perte invisible sont inférieures chez la soie muga par rapport à la soie mûrier au cours du processus de filage. L'obtention de fil de soie filé et du filé de bourrette dans le filage du muga est plus élevée qu'avec la soie mûrier. Le coût de production du fil de soie muga filé est significativement inférieur à celui du fil de soie mûrier filé. On peut produire du fil de soie filé jusqu'à $2/120^S$ Nm à partir des déchets du muga, tandis que dans le cas du mûrier, on peut produire un fil de soie filé jusqu'à $2/140^S$ Nm.

La régularité du fil de soie mûrier filé est supérieure à celle du fil de soie muga filé ; elle est directement corrélée avec la finesse et la qualité de la fibre. La régularité du fil baisse avec l'augmentation du compte de fil pour les deux soies. Il n'y a pas de différence significative entre le

fil de soie muga et mûrier filé en ce qui concerne les imperfections. Les imperfections augmentent avec les augmentations du compte de fil chez les deux fils de soie filé. La pilosité du fil de soie muga filé est moins importante que celle du fil de soie mûrier, la pilosité augmente avec les augmentations du compte de fil. L'indice d'irrégularité du fil de soie muga filé est inférieur à celui du fil de soie mûrier filé. L'indice d'irrégularité augmente avec l'augmentation du compte de fil. La force de rupture, la résistance et le module de Young du fil de soie mûrier filé sont supérieurs à ceux du fil de soie muga filé. La force de rupture, la résistance, la force de travail de la rupture et le % d'allongement diminuent avec l'augmentation du compte de fil. Le module de Young augmente avec l'augmentation du compte de fil. Le fil de soie muga est le mieux adapté pour les tissus qui ne se froissent pas facilement en raison du % d'allongement supérieur et pour produire des parachutes en raison de sa résistance aux chocs soudains, grâce à sa force de travail B supérieure. On peut tisser la soie muga filée produite en filature sur un métier à tisser manuel, un métier électrique et sur un métier sans navette. On peut produire des articles de bonneterie à la fois sur des machines à tricoter plates et circulaires à la fois manuelles et électriques. On peut utiliser le fil de soie filé en filature pour fabriquer des tissus légers à épais comme les sous-vêtements, les tissus pour robe, les tissus à la mode, les tissus d'ornement, les tissus plus épais pour le chadder et les tapis, les tentures murales, et les tapisseries. Cette nouvelle technologie apporte un revenu supplémentaire aux ouvriers dévidant et filant le muga, ce qui permettra de générer beaucoup d'emplois directement et indirectement.

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.

- Acknowledgments.

- 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, c. g. Dupont, Durand and Martin, the paper should be cited in the text as Dupont *et al.*, provided this is not ambiguous. If papers by the same author(s) in the same year are cited they should be distinguished by the letters a, b, etc.

References to a paper "In press" means that it has been accepted for publication and given as follows:

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. J. Seric. Sci. Jpn. In press.

6) Illustrations. All necessary illustrations should accompany the manuscript but should not be inserted in the text. All photographs, graphs and diagrams should be numbered consecutively in Arabic numerals in the order in which they are referred to in the text.

Glossy photographs or positive prints (not X-ray, negatives or slides) should be sent, unmounted wherever possible, and should be restricted to the minimum necessary.

Charts, graphs or diagrams should be drawn boldly in black ink on good quality white paper or card. Lettering to appear on the illustration should be given in full and should be of sufficient size to allow for considerable reduction where necessary.

Illustrations should not be larger than 14 × 19 cm. On the back of each illustration should be indicated the author's name, the figure number (in arabic numerals) and the top of illustration, when it is not clear.

Legends to figures should be typed on a separate sheet and not on the back of the original, and should give sufficient data to make the illustration comprehensible without reference to the text.

7) Tables. They should be numbered in roman numerals, typed on separate sheets and should have a title which will make the meaning clear without reference to the text. All tables and figures would be referred to in the text.

8) Only standard abbreviations should be used. Where specialized abbreviations are used, the name should firstly be given in full with the abbreviation indicated in parentheses.

9) The Latin names should be given for all species used in investigation.

10) Corrections to proofs should be restricted to printer's errors only. Other than these, substantial alterations will be charged to the author.

11) A reprint order form will be supplied with the proofs, and authors may order such reprints as they require when the proofs are returned. Please note that 25 free reprints are sent by the Editor.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

1) Les articles présentés doivent concerner soit des travaux originaux, soit des synthèses. Ils doivent être rédigés en français ou en anglais. Ils doivent avoir trait à la sériciculture qui inclut les vers à soie, les plantes nourricières, la filature de la soie quelle que soit la nature des recherches (fondamentales ou appliquées) et des sujets (biochimie, écologie, économie, virologie, génétique, etc.).

2) Les articles doivent être soumis à : **Dr G. CHAVANCY** ou à **sericologia@inserco.org**. Les articles soumis au Rédacteur doivent être inédits et ne doivent pas être présentés pour publication chez un autre éditeur. Les articles acceptés pour publication dans SERICOLOGIA ne pourront être publiés ailleurs sous la même forme sans le consentement écrit de l'éditeur.

3) Les manuscrits et illustrations doivent être soumis en double exemplaire, l'auteur conservant une copie. Dans le cas d'une co-rédaction, les auteurs doivent indiquer le nom de celui qui recevra les épreuves.

4) Les manuscrits doivent être dactylographiés avec un double interligne et des marges importantes. Les auteurs sont priés de rédiger des communications aussi concises que possible. Les renvois de bas de page sont à éviter et les caractères en italique ne doivent pas être utilisés pour la mise en relief.

5) L'article doit être présenté de la façon suivante:

- Le titre suivi du nom de l'auteur et de son adresse complète.

- Le résumé qui doit indiquer le contenu et les conclusions de l'article et doit faire référence à des informations nouvelles. Le résumé ne doit pas excéder 200 mots et peut être divisé en paragraphes numérotés.

- Les mots clés. Une petite liste de mots clés permettant une rapide analyse du contenu de l'article et utilisable pour la compilation de l'index.

- Les articles doivent être divisés en : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats et Discussion. Pour les articles de synthèse, les auteurs peuvent choisir la présentation qui leur convient.

- Remerciements.

- Références. Les auteurs doivent suivre le "Harvard system". Les références doivent être données dans l'ordre suivant : nom de l'auteur et ses initiales, date (entre parenthèses), titre de l'article, nom du journal tel qu'il est abrégé dans la liste mondiale des périodiques scientifiques (4ème édit. 1963), le volume et les première et dernières pages de l'article.

Pour les livres, il est nécessaire d'indiquer le nom de l'auteur et ses initiales, la date de publication, le titre, l'édition, le nombre de pages, le nom de l'éditeur et le lieu d'édition.

Dans le texte, les références doivent être indiquées sous la forme suivante : Dupont (1964) ou (Dupont, 1964). Lorsque la référence comprend plus de deux auteurs, par exemple Dupont, Durand et Martin, l'article doit être cité comme Dupont et coll. sauf si cela peut prêter à confusion. Si l'on cite des articles d'un même auteur publiés la même année, ils doivent être distingués par les lettres a, b, etc.

La référence à un article sous presse doit signifier que l'article a été accepté pour publication et elle doit s'écrire de la façon suivante :

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. J. Seric. Sci. Jpn. Sous presse.

6) Illustrations. Le manuscrit sera accompagné de toutes les illustrations nécessaires mais celles-ci ne doivent pas être insérées dans le texte. Toutes les photographies, graphiques et diagrammes doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes, dans l'ordre de citation du texte.

Les photographies sur papier brillant, ou les épreuves positives (pas de négatifs ou de diapositives) doivent être envoyées si possible sans montage et en nombre limité.

Les cartes, graphiques ou diagrammes doivent être dessinés nettement à l'encre noire sur le papier ou du carton blanc de bonne qualité. Les inscriptions apparaissant sur les illustrations doivent être complètes et de taille suffisante pour permettre une réduction importante si nécessaire.

Les illustrations ne doivent pas dépasser le format 14 x 19 cm. Au dos de chaque illustration doivent être indiqués le nom de l'auteur, le n° de la figure (en chiffres arabes) et l'orientation de l'illustration si nécessaire.

Les légendes des figures doivent être dactylographiées sur une feuille séparée et non pas au dos de l'original et elles doivent être suffisamment explicites pour éviter que l'on se reporte au texte.

7) Tableaux. Ils doivent être numérotés en chiffres romains et dactylographiés sur des feuilles séparées. Les titres doivent être suffisamment clairs sans qu'il soit nécessaire de se reporter au texte. Tous les tableaux et figures doivent être cités dans le texte.

8) Seules les abréviations normalisées sont autorisées. Lorsque des abréviations particulières sont utilisées, le nom devra d'abord être donné en entier suivi de l'abréviation entre parenthèses.

9) Le nom latin de toutes les espèces étudiées doit être indiqué.

10) Les corrections des épreuves doivent se limiter aux fautes de frappe. Toutes modifications importantes de l'article seront facturées à l'auteur.

11) Un bon de commande de tirés à part est fourni en même temps que les épreuves. Les auteurs peuvent ainsi commander des tirés à part en renvoyant les épreuves. Il est à noter que 25 tirés à part sont envoyés gratuitement par l'éditeur.