

sericologia

Revue des Vers à Soie

Journal of Silkworms

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

Directeur Gérant
Rédacteur en Chef
Rédacteur Adjoint

B. MAUCHAMP
G. CHAVANCY
A. FOURNIER

Managing Director
Chief Editor
Deputy Editor

COMITE DE REDACTION **EDITORIAL BOARD**

AKAPANTHU S. (Thaïlande / *Thailand*)
BOSQUET G. (France)
CAPPELLOZZA L. (Italie / *Italy*)
COUBLE P. (France)
DANDIN S.B. (Inde / *India*)
DAS B.C. (Inde / *India*)
DATTA R.K. (Inde / *India*)
DOIRA H. (Japon / *Japan*)
FONSECA T.C. (Brésil / *Brazil*)
FREDDI G. (Italie / *Italy*)
GOLDSMITH M.R. (USA)
HE K. (Chine / *China*)
HORIE Y. (Japon / *Japan*)
IATROU K. (Canada)
JOLLY M.S. (Inde / *India*)
KOBAYASHI M. (Japon / *Japan*)
LEA H. Z. (Corée / *Korea*)

LEGAY J.-M. (France)
LIU S.-X. (Chine / *China*)
LU H.-S. (Chine / *China*)
MACHII H. (Japon / *Japan*)
MANO Y. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
MIRANDA J. E. (Brésil / *Brazil*)
REALI G. (Italie / *Italy*)
SHIMURA K. (Japon / *Japan*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
TAKEDA S. (Japon / *Japan*)
TAZIMA Y. (Japon / *Japan*)
TRENCZEK T. (Rép. tchèque / *Czech Republic*)
VAGO C. (France)
VEY A. (France)
YAMASHITA O. (Japon / *Japan*)

SOMMAIRE – CONTENTS

Article scientifique / Scientific paper

- Pseudomonas syringae* pv. *mori* causing bacterial blight on mulberry in Guilan province of Iran 1**
Pseudomonas syringae pv. *mori* responsable de la flétrissure bactérienne chez le mûrier dans la province de Guilan en Iran 9
 MOSTAFA NIKNEJAD KAZEMPOUR, ESMAIL KAMRAN & SOHEILA SASSANIE

Rapports techniques / Technical reports

- Efficacy of botanicals against grasserie disease of silkworm, *Bombyx mori* L. 15**
 Efficacité de substances végétales contre la maladie de la grasserie du ver à soie, *Bombyx mori* L. 25
 S. MANIMEGALAI & N. CHANDRAMOHAN

- Studies on multi-bivoltine cocoon cooking: Influence of retting, permeation, cooking and adjustment treatments in pan cooking on water diffusion in cocoon shell 29**
 Etudes sur la cuisson des cocons polybivoltins : Influence des traitements de rouissage, d'imprégnation, de cuisson et d'ajustement dans la cuisson à la bassine sur la diffusion de l'eau dans la coque soyeuse 47
 G. HARIRAJ, HARUO KINOSHITA & T. H. SOMASHEKAR

- Phytoecdysteroid and its use in sericulture 57**
 Utilisation de phytoecdystéroïde en sériciculture 73
 KANIKA TRIVEDI, S. NIRMAL KUMAR & S. B. DANDIN

- Construction of a database for mulberry field soils –“Soil database” 79**
 Conception d'une base de données sur les sols dans les mûraies “Soil database” 85
 P. K. SAMBRANI & H. B. MANJUNATHA

- Economics of irrigation in mulberry: an investment evaluation of alternative irrigation methods in mulberry production in India 89**
 Aspect économique de l'irrigation chez le mûrier : évaluation de l'investissement dans des méthodes d'irrigation alternatives dans le cadre de la production de mûriers en Inde . . . 105
 N. SIDDALINGASWAMY, U. D. BONGALE & B. V. CHINNAPPAREDDY

Age-specific fertility life-table of leaf-roller, <i>Diaphania pulverulentalis</i> (Hampson)	
(Lepidoptera: Pyralidae) at different temperatures and relative humidity	115
Fertilité de l'enrouleur de la feuille, <i>Diaphania pulverulentalis</i> (Hampson) (Lepidoptera : Pyralidae) en fonction de l'âge à des températures et humidités relatives différentes . . .	123
B. MARIMADIAH & M. GEETHA BAI	
Effect of micronutrients on the growth and leaf yield of <i>Terminalia arjuna</i>	127
Effet des micronutriments sur la croissance et le rendement foliaire de <i>Terminalia arjuna</i>	133
U. S. P. SINHA, A. K. SINHA, N. D. BANERJEE, J. PRASAD, S. K. CHAUDHARY & N. SURYANARAYANA	

PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. MORI CAUSING BACTERIAL BLIGHT ON MULBERRY IN GUILAN PROVINCE OF IRAN

MOSTAFA NIKNEJAD KAZEMPOUR¹, ESMAEIL KAMRAN² & SOHEILA SASSANIE¹

1- Department Plant Pathology, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, P.O. Box. 41635-1314, Rasht – Iran. E-mail : nikkazem@yahoo.fr

2- Center of Silkworm Research, Rasht - Iran.

*During the period from 2001 to 2003, samples of mulberry leaves were collected from different mulberry orchards in Guilan province to identify the causal agent of leaf blight. Symptoms of disease plants consisted of formation of irregular necrotic lesions on leaves surrounded by yellow chlorotic halo. Under favourable conditions, these lesions gradually expand and leaves become blighted. To investigate the causal agent, two types of gram-negative bacteria with raised, fluorescent colonies on King's B medium were isolated. Based on morphological, physiological, biochemical, pathogenicity properties and total cellular protein profiles (SDS-PAGE), the predominant pathogenic type was identified as *Pseudomonas syringae* pv. *mori*. However, the other type on leaves of some mulberry orchards was identified as *P.s.pv. syringae*. This is the first report of the *P. s* pv *mori* and *P.s.pv.syringae* isolation from mulberry trees in the Guilan province.*

Keywords: *Pseudomonas syringae* pv. *mori*, mulberry, bacterial leaf blight, Guilan.

INTRODUCTION

Mulberry, a woody plant belonging to the genus *Morus*, family Moraceae, is widely distributed around the world. The leaves of the plant are used as feed for silkworms in the sericultural industry. Iran is one of the countries where sericulture is being practised traditionally. Due to the higher economic return and the greater employment potential, attempts are being made to increase the productivity by developing high yielding mulberry varieties. Mulberry is a host for many pathogens of leaf blight (United Nations, 1990). Bacterial blight of mulberry is caused by *Pseudomonas syringae* pv. *mori* (Boyer & Lambert). There are not many reports about bacterial diseases on mulberry trees, among which the bacterial leaf blight has economical importance for mulberry orchards. Extension of mulberry orchards in the Guilan province is about 13000 hectares. Since then, the disease has been observed in high yielding mulberry varieties in the Guilan province. The disease prevalence is increasing, so that, leaf blight symptoms on Kenmochi variety can be seen abundantly. The studies of SEM *P. s. pv.mori* multiplication on leaf surfaces revealed that the bacterium invaded the leaf tissue through cystoliths and did not enter through stomata and trichomes (Gupta *et al.*, 1995). Soil, plant residue and contaminated cuttings are important sources for infection. The disease is favoured by high relative humidity (following rains) and an atmospheric temperature around 23-32°C (Sharma *et al.*, 1996). The objectives of the present research, are the isolation of causal agent of bacterial blight on different mulberry varieties in the Guilan province and identification of isolates by biochemical, nutritional, pathogenicity, SDS-PAGE and PCR methods.

MATERIALS AND METHODS

Bacterial isolation from leaf blight:

Leaf tissue showing necrotic lesions and blight symptoms were washed in water and several leaf pieces were homogenized in sterile distilled water in mortar. The two dilutions i.e., 1/10 and 1/100 were prepared and spread on King's B medium and nutrient agar containing 5% sucrose. Petri plates were incubated at 25 °C for two days. Bacterial colonies that were yellow and produced levan polymer on nutrient agar sucrose (NAS) medium were selected.

Pathogenicity test on mulberry leaves:

Mulberry leaves were removed from young shoots and sterilized with 95% ethanol. Midrib was injured in T shape and 10 µl droplet of bacterial suspension (1.0×10^7 cfu mL⁻¹) was placed on them. Control was maintained with sterile distilled water only.

Wet petri dishes were prepared as follows:

One sheet of Wathman filter paper No 1. was put in the Petri dish and 4 ml sterile distilled water was added. The leaves were kept on the Petri dish at 27°C. The results were recorded two weeks after inoculation (Yessad *et al.* 1994).

Pathogenicity test on mulberry shoots:

Young shoots from mulberry tree were cut with a sterile scalpel and inoculated with 10 µl of bacterial suspension (1.0×10^7 cfu mL⁻¹). The inoculation site was covered with parafilm (to prevent bacterial inoculum from evaporating) and the shoots were kept at 27°C for 3 weeks (Zarei & Rahimian, 2000).

Biochemical and physiological tests:

Strains were characterized based on the following tests: Gram test in 3% KOH (Sulsow *et al.*, 1982), oxidative/fermentative test (Hugh and Leifson, 1953), production of fluorescent pigment on King's B medium (Sulsow *et al.*, 1982), hypersensitive reaction (HR) in tobacco and geranium leaves oxidase test, levan formation, catalase, urease, gelatine liquefaction, litmus milk, salt tolerance (5% and 7%) and gas formation from glucose (Leliot *et al.*, 1966). In addition, tests for arginine dehydrolase, hydrogen sulfide production from peptone, reducing substance from sucrose, tyrosinase casein hydrolase, nitrate reduction, indole production, 2-keto gluconate oxidation lecithinase, starch hydrolysis, phenylalanine deaminase, esculin and Tween 80 hydrolysis and optimal growth temperature were conducted (Schaad *et al.*, 2001). The presence of DNase was tested on DNA agar (Diagnostic Pasteur, France) and on Ayer medium. Carbohydrate utilization using Ayer basal medium was carried out and the results were recorded daily upto 2-8 days (Hildebrand *et al.*, 1988).

Sodium Dodecyl Sulphate Polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) of total proteins:

Electrophoresis of soluble proteins was carried out in a discontinuous SDS polyacrylamide gel according to the method of Laemmli (1970) with some modifications as described by Rahimian (1995). For each culture, a loopful of 24 h growth from NA plate was suspended in 50 ml King's B broth and incubated in a rotating incubator for 16 h (at 27°C, 150 rpm). The samples were then transferred into eppendorf tubes and centrifuged for 5 minutes at 10000 × g. The collected cells were washed three times with sterile distilled water. The washed cells were stirred after the addition of 25 µl SDS sample buffer (0.06 M Tris, 2.5% Glycerol, 0.5% SDS, 1.25% β-mercaptoethanol and 0.001% bromophenol blue) and the proteins were denatured in boiling water for 5 minutes. The supernatant was then centrifuged again for 5 minutes at 10000 × g., collected in an eppendorf tube and kept at -50°C until electrophoresis was carried out.

Fifty μl of soluble proteins was loaded in each well in a 13×17 cm polyacrylamide slab with 0.75 mm thickness. Proteins were fractionated in 10% resolving gel at a constant current of 20 mAmps for 4 h. The gel was stained in methanol, water and acetic acid (5:5:1) containing 0.5% coomassie brilliant blue G250 overnight and destained in the same solution without dye. The gel was kept in 7% acetic acid.

Sample preparation for direct PCR from cell culture:

Bacterial cells grown on King's B medium for 24 h, were resuspended in sterile distilled water. The cell suspensions (approximately $1/0 \times 10^7$ cfu mL^{-1}) were boiled for 10 min and were used for PCR assaying (Manceau and Horvais, 1997).

PCR conditions:

Primer were designed by primers D21 (5' AGC CGT AGG GGA ACC TGC GG 3') and D22 (5' TGA CTG CCA AGG CAT CCA CC 3').

PCR amplifications were carried out in 100 μl reaction volume. A 10 μl volume of boiled bacterial cells was added to 90 μl of PCR mixture containing, 2 mM MgCl_2 , 20 pmol of each primer, 100 μM (each) dNTP, 0.2 U of *Taq* DNA polymerase (CinnaGene, Inc. Iran), in 10 mM Tris-HCl (pH 9.0), 50 mM KCl and 0.1% Triton X-100.

Amplification was performed in a thermal cycler (Mastercycler gradient, Germany) programmed. The reaction conditions are: a denaturation step of 94°C for 2 min followed by 37 cycles of 94°C for 1 min, 52°C for 1 min, and 72°C for 1 min. A final extension step of 72°C for 10 min finishes the reaction. Amplified DNA fragments were examined by horizontal electrophoresis in 2% agarose gel in TBE buffer (Maniatis *et al.*, 1982) with 8 μL aliquots of PCR products. Gel were stained with ethidium bromide and were photographed under UV light (312 nm).

RESULTS

Biochemical and physiological test:

All strains were gram, oxidase, catalase, pectinase, arginine dihydrolase negative, and strains of *P.s.pv. syringae* were able to produce syringomycin and showed ice nucleation activity (Table I). All strains produced HR on tobacco and geranium, leaf blight on mulberry and capable of hydrolyzing gelatin. Presence of DNase for strains of *P.s.pv. syringae* and *P.s.pv. mori* were tested on DNA agar (Diagnostic Pasteur, France).

Pathogenicity test:

All strains (62 strains ; 42 of *P.s. pv. mori* and 20 of *P.s.pv. syringae*) caused numerous water soaked patches on the lower surface of mulberry leaves after two weeks. *P.s. pv. mori* and *P.s. pv. syringae* strains also caused water- necrosis in the injured region on mulberry leaves. The black longitudinal lesions were also seen on the bark of the young shoots. These symptoms did not occur in the control.

Protein profile:

Total protein pattern of isolates were compared to standard strain. Protein bands of strains were nearly similar to protein bands of standard strain.

Table I. Phenotypic characteristics of *Pseudomonas syringae* pv. *mori* and *P.s.* pv. *syringae* strains tested.**Tableau I. Caractéristiques phénotypiques des souches de *Pseudomonas syringae* pv. *mori* et *P.s.* p. v. *syringae* testées.**

	Bacterial tests / Tests bactériens	
	Isolates of <i>P.s.</i> pv. <i>mori</i> <i>Isolats de P.s. pv. mori</i>	Isolates of <i>P.s.</i> pv. <i>syringae</i> <i>Isolats de P.s. pv. syringae</i>
Gram reaction / Réaction de gram	-	-
Oxidative/Fermentative	-	-
Fluorescent pigment / Pigment fluorescent	+	+
HR on tobacco and geranium		
<i>HR sur le tabac et le géranium</i>	+	+
Ice nucleation / Nucléation de la glace	-	+
Syringomycin production	-	+
<i>Production de syringomycine</i>		
Leaf blight on mulberry	+	+
<i>Flétrissure de la feuille sur le mûrier</i>		
Pectinase	-	-
Arginine dihydrolase	-	-
Levan formation / Formation de levan	+	+
Catalase	-	-
Tween 80 hydrolysis/ Hydr	-	-
Oxidase	-	-
Starch hydrolysis / Hydrolyse de l'amidon	-	-
Gelatin hydrolysis / Hydrolyse de la gélatine	+	+
Aesculin hydrolysis / Hydrolyse de l'esculine	+	+
DNase activity / Activité DNase	+	+
Indole formation / Formation d'indole	-	-
H ₂ S from cysteine	-	-
Casein hydrolysis / Hydrolyse de la caséine	+	-
Urease	+	+
MR/VP	-	-
Utilization of: / Utilisation de		
L-lysine	-	-
Citrate	+	+
Lecithinase	-	-
Growth in 5% NaCl	-	+
<i>Croissance dans du NaCl à 5 %</i>		
Acid from: / Acide de :		
L-Arabinose	-	-
Inositol	-	+
Manitol	+	+
Xylose	+	+
Trehalose	-	+
Maltose	+	+
L-tartrate	-	-
Galactose	+	+
D-Sorbitol	-	+
Sucrose / Saccharose	-	+

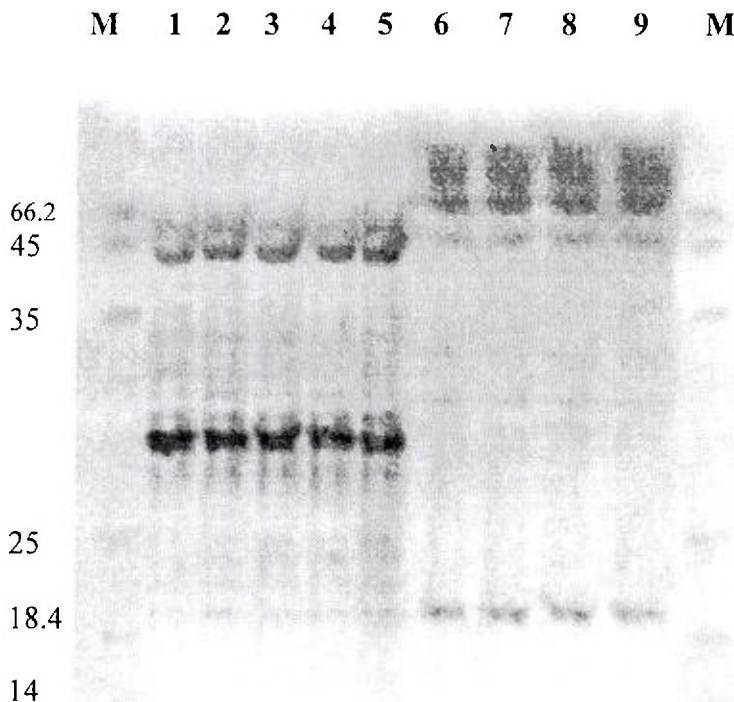


Figure 1. SDS-PAGE analysis of total soluble proteins of bacterial isolates from mulberry.

M: Marquer; lane 1: *P.s. pv. mori* CFBP 1642 (standard strain); lane 2 to 5: isolates *P.s. pv. mori*; lane 6: *P.s. pv. syringae* CFBP 2027-37 (standard strain); lane 7 to 9: isolates of *P.s. pv. syringae* in polyacrylamid gel.

Figure 1. Analyse électrophorétique sur gel de polyacrylamide SDS des protéines solubles totales des isolats bactériens du mûrier.

M : Marqueur ; trajet 1 : *P. s. pv. mori* CFBP (souche standard) ; trajets 2 à 5 : isolats de *P. s. pv. mori*, trajet 6 : *P. s. pv. syringae* CFBP 2027-37 (souche standard) ; trajets 7 à 9 : isolats de *P.s. pv. syringae* dans du gel de polyacrylamide.

Detection of *P. s. pv. mori* by direct PCR:

All isolates of *Pseudomonas syringae* pv. *mori* were identified by specific primers D21 and D22. On agarose gel electrophoresis 2%, isolates produced a band 558 bp (expected size). The bands of isolates were similar with isolate standard of CFBP 1642 (Fig. 2).

DISCUSSION

Based on morphological, phenotypical, nutritional characteristic, total protein pattern pathogenicity tests and PCR using specific primers, the bacterial isolates were identified as *Pseudomonas syringae* pv. *mori* causing bacterial blight in mulberry. All isolates of *P.s. pv. mori* and *P.s. pv. syringae* were able to induce HR on geranium and tobacco leaves, a test which is considered to be a reliable criterion for testing pathogenicity (Khurtsiya, 1979 ; Amani and Akhavadegan, 1979 ; Akhtar and Sarwar, 1988; Roos and Hattingh, 1983), further, we observed that all *P.s. pv. mori* and *P.s. pv. syringae* isolates caused dark brown and water soaked symptoms on leaves. Symptoms caused by *P.s. pv. mori* on mulberry in Guilan province, included colourless rings on the stem and twigs of seedlings, becoming dark brown and surrounded by a tumour-like

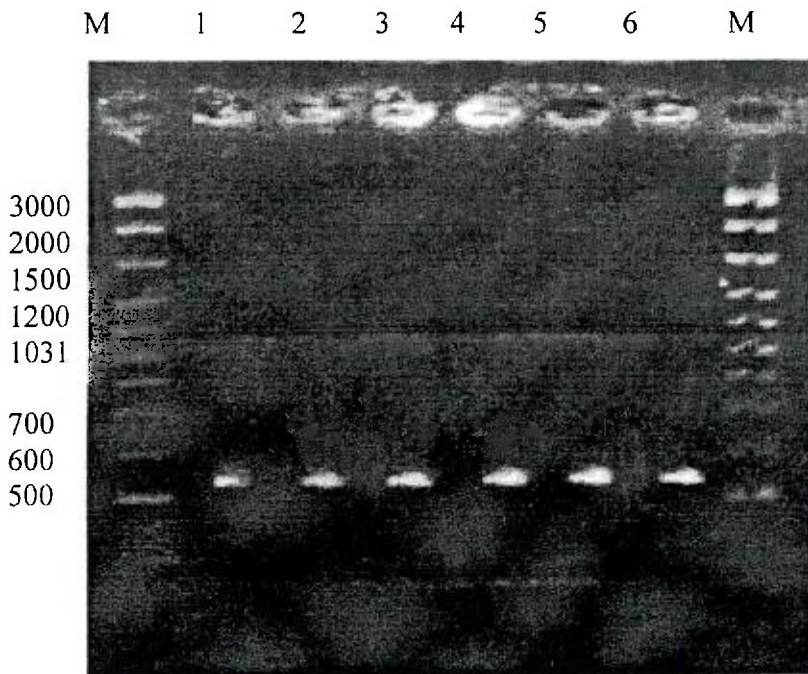


Figure 2. Agarose gel electrophoresis of products from polymerase chain reaction (PCR) performed on DNA 16S of *P.s. pv. mori* isolates.

M, 100 bp DNA marker; lane 1 is positive control (*P.s. pv. mori*; CFBP 1642) showing the amplification of the approximately 558 bp; lanes 2 to 6: strains of *P.s. pv. mori* isolated from mulberry.

Figure 2. Electrophorèse sur gel d'agarose des produits de la réaction en chaîne de la polymérase (PCR) sur l'ADN 16S des isolats de *P. s. pv. mori*.

M, marqueur ADN 100 pb ; le trajet 1 est le témoin positif (*P.s. pv. mori* ; CFBP 1642) montrant l'amplification d'une bande d'approximativement 558 pb ; trajets 2 à 6 : souches de *P.s. pv. mori* isolées chez le mûrier.

thickening. Growth of infected seedlings was retarded. At the infection sites there were complete necrosis and destruction of bark and wood tissues; the stem was easily broken. The pith became yellow and some vessels appeared quite black. Contamination rate of bacterial leaf blight in mulberry orchards of Guilan province including Rasht, Pasikhan, Parand, Masal, Some-sara, Lahijan was very high, so that bacterial leaf blight symptoms on high yielding variety *i.e.* Kenmochi was more than other varieties such as Ichinose, Shin-Ichinose and local trees. By application of 150, 120 and 120 kg/ha of N.P.K. fertilisers, disease intensity of bacterial blight was reduced (Sharma *et al.*, 1996).

Population frequency of Ice Nucleation Activity (INA) of *P. s. pv. syringae* in mulberry trees was very high. A relationship between population of the INA bacteria and frost damage of mulberry trees is discussed. (Takahashi *et al.*, 1995). Mariano (1986) observed that *P.s. pv. syringae* survived epiphytically for various period on the roots and foliage of a wide range of annual and perennial weeds *ie.* *Plantago lanceolata*, *Physalis subglabrata*, *Datura stramonium* and Brassica kabar under field conditions. These weeds were found distributed in mulberry orchards in Guilan province. Since most

of mulberry varieties in Iran show bacterial leaf blight symptoms and are sensitive to these agents, one of the best methods for decrease of disease is introduction of resistant varieties which should receive more attention within mulberry breeding programmes (Philip *et al.*, 1995; Jalaja *et al.*, 2001). No vertical resistance is known against the disease (United Nations, 1990; Sharma *et al.*, 1991). Agricultural antibiotics like streptomycin or streptocyclin can be used as foliar spray at 0.1 per cent concentration. *P. s. pv. syringae* is one of the pathogenic agents which causes leaf blight of mulberry only during winter. An important property of this bacterium is that it can catalyze ice-crystal formation in the supercool fluids. The role of this ice-nucleation activity of this bacterium is questionable. The present study indicates that the ice-nucleation activity of *P. s. pv. syringae* isolated from mulberry orchards is uniform. These results correlate with the general experience of Klement *et al.*, (2004) in apricot orchards. The ice nucleation activity of the bacterium *P.s. pv. syringae* was determined by a drop freezing technique and the results similar were obtained by Dubrovsky *et al.*, 2004 in Czechoslovakia. SDS-PAGE of isolates could be compared with that of standard isolates. Protein bands of isolates were nearly similar to that of standard isolates. Isolates of *P.s. pv. mori* and *P.s. pv. syringae* used in this study, were from various locations within Guilan province and this is the first report of *P.s. pv. mori* on mulberry from Guilan. Study on the genetic variation of more isolates of above mentioned bacteria in different parts of Iran could be a case study for future research.

REFERENCES

- AKHTAR M.A. & SARWAR M. (1979) Mulberry bacterial blight in Pakistan. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 9, 417-419.
- AMANI B. & AKHAVIZADEGAN M. (1979) Occurrence of bacterial blight of mulberry in Iran. *Iranian-Journal of-Plant Pathology*. 15, 1-4.
- DUBROVSKY M., PETERA V. & HEGEROVA H. (2004) Mesurement of the ice nucleation activity of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. CCM 4073. *Biotechnology Techniques* 3, 173-178
- GUPTA V.P., TEWARI S.K. & DATTA R.K. (1995) Surface ultrastructural studies on ingress and establishment of *Pseudomonas syringae* pv. *mori* on mulberry leaves. *Journal of Phytopathology*. 143, 415-418.
- HATTINGH M.J., ROOS I. & MANSVELT L. (1989) Infection and systemic invasion of deciduous fruit trees by *Pseudomonas syringae* in South Africa. *Plant Disease*. 73, 784-789.
- HILDEBRAND D.C. (1988) Pectate and pectin gel for differentiation of *Pseudomonas* sp. and other bacterial plant pathogens. *Phytopathology*. 61, 1430-1439.
- HUGH R. & LEIFSON E. (1953) The taxonomic significance of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrates by various gram negative bacteria. *Journal of Bacteriology*. 66 :24-26.
- JALAJA S., SARKAR A. & DATTA R.K. (2001) A break through in mulberry breeding in sustainable cocoon production. In global silk scenario – 2001, Proc. of the International Conference on Sericulture. Oxford and IBH publishing Co. Pvt.Ltd., pp. 242-247.
- KLEMENT Z., ROZSNYAY Z.D. & HEVESI M. (2004) The role the ice nucleation activite bacteria in the development of cancer and dieback diseases of apricot. *ISHS Acta Horticulturae* 293: IX International symposium on apricot culture.
- KHURTSIYA B.N., GVINEPADZE M., KHUTSISHVILI N.A. & TUKHARELI A.R. (1979) On a new form of bacteriosis of mulberry occurring in nurseries in Georgia. *Trudy Nauchno Issledovatel'skogo Instituta Zashchity Rastenii Gruzinskoi*. 30, 53-57.
- LAEMMLI V.K. (1970) Cleavage of Structural Proteins During Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*., 227, 680-685.
- LELLIOT R.A. & STEAD D.E. (1987) Methods for the diagnosis of bacterial disease of plant. Blackwell Scientific Pub. London.
- MANCEAU C. & HORVAIS A. (1997) Assessment of genetic diversity among strains of *Pseudomonas syringae* by PCR restriction fragment length polymorphism analysis of rRNA

- operon with special emphasis on *P.syringae* pv. *tomato*. Applied and Environmental Microbiology . 63, 498-505.
- MANIATIS T., FRITISCH E.F. & SAMBROOK J. (1982) Molecular Cloning: A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor, N.Y. 545. pp.
- MARIANO R.L.R. (1986) Ecology of three fluorescent pseudomonads that cause foliar diseases of tomato.Georgia, University of Georgia, 114p.
- PHILIP T., BAJPAI A.K. & GOVINDAIAH D.D.S. (1995) Disease resistant in mulberry. International Journal of Tropical Plant Disease. 13 , 183-192.
- RAHIMIAN H. (1995). The occurrence of bacterial red streak of sugarcane caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Iran. J. Phytopathol. 143, 321-324.
- SCHAAD N.W., JONES J.B & CHUN, W. (2001) Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. Thrid eds. APS. St. Paul. Minnesota, USA. 373pp.
- SHARMA D.D. & GOVINDAIAH D.D.S. (1991) Comparative *in vitro* toxicity of fungicides against *Pseudomonas mori* (Boyer and Lambert) stevens causing bacterial blight of mulberry. Indian Journal of Sericulture. 30, 139-140.
- SHARMA D.D., GOVINDAIAH D.D.S., PHILIP T., AMBIKA P.K. & CHOUDURY P.C. (1996) Effect of seasons, spacing, host genotypes and fertilizer does on the incidence of major foliar disease in mulberry. Indian Journal of Sericulture. 35, 57-61.
- SULSOW T.V., SCHORTH M.N. & SAKA M. (1982) Application of a rapid method for gram differentiation of plant pathogenic and saprophytic bacteria without staining. Phytopathology. 72 : 917-918.
- TAKAHASHI K., WATANABE K. & SATO M. (1995) Survival and characteristics of ice nucleation active bacteria on mulberry trees (*Morus* spp.) and in mulberry pyralid (*Glyphodes pyloalis*). Annals of the Phytopathological Society of Japan. 61, 439-443.
- RAHIMIAN H. (1995) The occurrence of bacterial red streak of sugarcane caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Iran. Journal of Phytopathology. 143, 321-324.
- UNITED NATIONS. (1990) Handbook on Pest and Disease Control of Mulberry and Silkworm. Bangkok, Thailand. 3-15.
- YESSAD-CARREAU S., MANCEAU C. & LUISETTI J. (1994) Occurrence of specific reaction induced by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on bean pods, lilac and pear plants. Phytopathology. 43 , 528-536.
- ZAREI E. & RAHIMIAN H. (2000) Identification of bacterial blight of mulberry in the Tehran province. Proceeding of the 14th Iranian Plant Protection Congress. Isfahan University of Technology, Iran.

PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. MORI RESPONSABLE DE LA FLETRISSURE BACTERIENNE CHEZ LE MURIER DANS LA PROVINCE DE GUILAN EN IRAN

MOSTAFA NIKNEJAD KAZEMPOUR¹, ESMAEIL KAMRAN² & SOHEILA SASSANIE¹

1. Department Plant Pathology, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University, P. O. Box 41635 – 1314, Rasht – Iran. E-mail : nikkaem@yahoo.fr
2. Center of Silkworm Research, Rasht – Iran.

*Pendant la période de 2001 à 2003, on a recueilli des échantillons de feuilles de mûrier provenant de différentes muraies dans la province de Guilan pour identifier l'agent responsable de la flétrissure bactérienne. Les symptômes chez les plants malades consistent en la formation de lésions nécrotiques irrégulières sur les feuilles entourées par un halo chlorotique jaune. Dans les conditions favorables, ces lésions se propagent progressivement et les feuilles flétrissent. Pour étudier l'agent responsable, deux types de bactéries gram-négatives et donnant des colonies fluorescentes sur du milieu B de King ont été isolées. D'après les propriétés morphologiques, physiologiques, biochimiques, de pathogénicité et l'ensemble des profils protéiques cellulaires (SDS-PAGE), on a identifié le pathogène prédominant comme *Pseudomonas syringae* pv. *mori*. Cependant, on a identifié un autre type sur les feuilles dans certaines muraies qui est *P. s.* pv. *syringae*. Ceci est le premier rapport sur l'isolement de *P. s.* pv. *mori* et de *P. s.* pv. *syringae* dans des muraies de la province de Guilan.*

INTRODUCTION

Le mûrier, une plante ligneuse appartenant au genre *Morus*, de la famille des Moraceae, est largement répandu dans le monde entier. Dans l'industrie séricicole, les feuilles de la plante sont utilisées pour nourrir les vers à soie. L'Iran est l'un des pays où l'on pratique la sériciculture de manière traditionnelle. Pour obtenir des profits économiques plus élevés et un plus grand potentiel en matière d'emploi, on essaie d'augmenter la productivité en mettant au point des variétés de mûrier à rendement élevé. Le mûrier est l'hôte de nombreux pathogènes responsables de la flétrissure de la feuille (United Nations, 1990). La flétrissure bactérienne du mûrier est provoquée par *Pseudomonas syringae* pv. *mori* (Boyer & Lambert). Il n'existe pas beaucoup de rapports sur les maladies bactériennes du mûrier, parmi lesquelles la flétrissure bactérienne de la feuille a un impact sur le plan économique pour les muraies. La superficie des muraies dans la province de Guilan est d'environ 13 000 hectares. On a observé la maladie chez des variétés de mûrier à rendement élevé dans la province de Guilan. La présence de la maladie augmente, de sorte que l'on peut observer les symptômes de la flétrissure de la feuille en quantité chez la variété Kenmochi. Les études de microscopie électronique à balayage sur la multiplication de *P. s.* pv. *mori* sur la surface de la feuille montrent que la bactérie envahit le tissu de la feuille par les cystolithes et n'entre pas par les stomates et les trichomes (Gupta et coll., 1995). Le sol, les déchets de plantes et les boutures contaminées sont des sources importantes d'infestation. La maladie est favorisée par une humidité relative élevée (à la suite de pluies) et par une température atmosphérique autour de 23-32° C (Sharma et coll., 1996). Les objectifs de cette recherche, sont l'isolement de l'agent responsable de la flétrissure bactérienne chez les différentes variétés de mûrier de la province de Guilan et l'identification des isolats par des méthodes biochimiques, nutritionnelles, de pathogénicité, SDS-PAGE et PCR.

MATERIELS ET METHODES

Isolement bactérien de la flétrissure de la feuille :

On lave le tissu de la feuille présentant des lésions nécrotiques et des symptômes de flétrissure dans l'eau et on homogénéise plusieurs morceaux de feuilles dans de l'eau distillée stérile dans un mortier. On prépare deux dilutions de 1/10 et 1/100 et on les étale sur du milieu B de King et du nutriment agar contenant 5 % de saccharose. On incube les boîtes de Petri à 25° C pendant deux jours. On sélectionne les colonies bactériennes qui sont jaunes et produisent un polymère levan sur un milieu de nutriment agar de saccharose (NAS).

Test de pathogénicité sur les feuilles de mûrier :

On prélève des feuilles de mûrier sur de jeunes pousses et on les stérilise avec de l'éthanol à 95 %. La nervure médiane est coupée en forme de T et on dépose 10 µl de gouttes de suspension bactérienne ($1,0 \times 10^7$ cfu mL⁻¹). On maintient un témoin avec seulement de l'eau distillée.

Les boîtes de petri humides sont préparées comme suit :

On place une feuille de papier filtre Wathman no. 1 dans une boîte de Petri et on ajoute 4 ml d'eau distillée stérile. On conserve les feuilles dans la boîte de Petri à 27° C. On enregistre les résultats deux semaines après l'inoculation (Yessad et coll., 1994).

Test de pathogénicité sur les pousses de mûrier :

On coupe des jeunes pousses de mûrier avec un scalpel stérile et on les inocule avec 10 µl de suspension bactérienne (1×10^7 cfu mL⁻¹). On recouvre le site d'inoculation avec un film (pour empêcher l'inoculum bactérien de s'évaporer) et on conserve les pousses à 27° C pendant 3 semaines (Zarei & Rahimian, 2000).

Test biochimiques et physiologiques :

On caractérise les souches d'après les tests suivants :

Test gram dans 3 % de KOH (Sulsow et coll., 1982), test oxydatif/ fermentation (Hugh et Leifson, 1953), production de pigments fluorescents sur du milieu B de King (Sulsow et coll., 1982), test de réaction hypersensible (HR) à l'oxydase sur des feuilles de tabac et de géranium, formation de levan, catalase, uréase, liquéfaction de la gélatine, lait de tournesol, tolérance au sel (5 % et 7 %) et formation de gaz à partir de glucose (Leliot et coll., 1966). Par ailleurs, on procède aux tests de l'arginine-déshydrolase, de production de sulfure d'hydrogène à partir de peptone, de réduction des substances à partir de saccharose, de la tyrosinase hydrolase de la caséine, de réduction des nitrates, de production d'indole, de lécithinase, d'oxydation du 2-keto gluconate, d'hydrolyse de l'amidon, de la phenylalanine désaminase, et de l'hydrolyse dans de l'esculine et du Tween 80 et de la température de croissance optimale (Schaad et coll., 2001). On teste la présence de Dnase sur de l'agar ADN (Diagnostic Pasteur, France) et sur du milieu Ayer. On procède à l'utilisation des hydrates de carbone en utilisant le milieu de base Ayer et on enregistre les résultats quotidiennement pendant 2 à 8 jours (Hildebrand et coll., 1988).

Électrophorèse des protéines totales sur gel de polyacrylamide avec dodécylsulfate de sodium (SDS-PAGE):

On procède à l'électrophorèse des protéines solubles dans un gel de polyacrylamide SDS discontinu selon la méthode de Laemmli (1970) avec certaines modifications décrites par Rahimian (1995). Pour chaque culture, on suspend une anse de 24 h de croissance de plaque NA dans 50 ml de bouillon B de King et on l'incube dans un incubateur rotatif pendant 16 h (à 27° C, 150 tpm). Puis, on transfère les échantillons dans des tubes Eppendorf et on les centrifuge pendant 5 minutes à $10\,000 \times g$. On lave les cellules recueillies trois fois avec de l'eau distillée stérile. On mélange les

cellules lavées après avoir ajouté 25 µl d'un échantillon de tampon SDS (0,06 M Tris, glycérol à 2,5 %, SDS à 0,5 %, β-mecaptoéthanol à 1,25 % et bleu de bromophénol à 0,001 %) et on dénature les protéines dans de l'eau bouillante pendant 5 minutes. Puis, on centrifuge à nouveau le surnageant pendant 5 minutes à 10 000 × g, on le recueille dans un tube eppendorf et on le conserve à - 50° C jusqu'à ce qu'on procède à l'électrophorèse.

On charge cinquante µl de protéines solubles dans chaque puits sur une plaque de polyacrylamide de 13 × 17 cm dont l'épaisseur est de 0,75 mm. On fractionne les protéines dans un gel de séparation à un courant constant de 20 mA pendant 4 h. On colore le gel dans du méthanol, de l'eau et de l'acide acétique (5 : 5 : 1) contenant 0,5 % de bleu de Coomassie G250 pendant la nuit et on le décolore dans la même solution sans colorant. On conserve le gel dans de l'acide acétique à 7 %.

Préparation de l'échantillon pour PCR directe à partir de la culture de cellules :

On resuspend les cellules bactériennes cultivées sur du milieu B de King pendant 24 h dans de l'eau distillée stérile. On fait bouillir les suspensions de cellules (approximativement 1.0×10^7 cfu mL⁻¹) pendant 10 minutes et on les utilise pour la PCR (Manceau et Horvais, 1997).

Conditions PCR :

On utilise les amorces D21 (5' AGC CGT AGG GGA ACC TGC GG 3') et D22 (5' TGA CTG CCA AGG CAT CCA CC 3').

On procède aux amplifications PCR dans un volume de réaction de 100 µl. Un volume de 10 µl de cellules bactériennes bouillies est ajouté à 90 µl de mélange PCR contenant, 2 mM MgCl₂, 20 pmol de chaque amorce, 100 µM (chacun) de dNTP, 0,2 U d'ADN polymérase *Taq* (CinnaGene, Inc. Iran) dans 10 mM de Tris-HCl (pH 9), 50 mM KCl et 0,1 % de Triton X-100.

On procède à l'amplification dans un thermo-cycleur (Mastercycler, Allemagne) programmé. Les conditions de réaction sont : une étape de dénaturation à 94° C pendant 2 min suivie par 37 cycles à 94° C pendant 1 minute, 52° C pendant 1 min et 72° C pendant 1 min. Une étape d'extension finale à 72° C pendant 10 minutes termine la réaction. On examine les fragments d'ADN amplifiés par une électrophorèse horizontale dans un gel de 2 % d'agarose dans un tampon TBE (Maniatis et coll., 1982) avec des aliquots de 8 µl de produits PCR. On colore les gels avec du bromure d'éthidium et on les photographie sous lumière UV (312 nm).

RESULTATS

Tests biochimiques et physiologiques :

Toutes les souches sont gram, oxydase, catalase, pectinase, arginine dihydrolase négatives et les souches de *P. s. pv. syringae* sont capables de produire de la syringomycine et présentent une activité de nucléation dans la glace (Tableau I). Toutes les souches produisent de l'HR sur le tabac et le géranium, la flétrissure de la feuille sur le mûrier et sont capables d'hydrolyser la gélatine. La présence de Dnase pour les souches de *P. s. pv. syringae* et de *P.s. pv. mori* est vérifiée sur de l'agar d'ADN (Diagnostic Pasteur, France).

Test de pathogénicité :

Toutes les souches (62 souches ; 42 de *P. s. pv. mori* et 20 de *P.s. p.v. syringae*) entraînent la formation de nombreuses lésions gorgées d'eau sur la surface inférieure des feuilles de mûrier au bout de deux semaines. Les souches *P.s. pv. mori* et *P. s. pv. syringae* entraînent aussi une nécrose aqueuse sur la partie abîmée des feuilles de mûrier. On observe aussi des lésions longitudinales noires sur l'écorce des jeunes pousses. Ces symptômes ne se produisent pas chez le témoin.

Profil protéique :

On compare l'ensemble du profil protéique des isolats à la souche référence. Les bandes protéiques des souches sont presque similaires aux bandes de protéines de la souche référence.

Détection de *P. s. pv. mori* par PCR directe :

On identifie tous les isolats de *Pseudomonas syringae* pv. *mori* avec les amorces spécifiques D21 et D22. Avec une électrophorèse sur gel d'agarose à 2 %, les isolats produisent une bande à 558 pb (taille prévue). Les bandes des isolats sont similaires à l'isolat référence de CFBP 1642 (Fig. 2).

DISCUSSION

D'après les caractéristiques morphologiques, phénotypiques, nutritionnelles, les tests de pathogénicité, le profil de l'ensemble des protéines et d'après la PCR en utilisant des amorces spécifiques, on identifie les isolats bactériens comme *Pseudomonas syringae* pv. *mori* qui provoque la flétrissure bactérienne chez le mûrier. Tous les isolats de *P. s. pv. mori* et de *P. s. pv. syringae* sont capables d'induire l'HR sur les feuilles de géranium et de tabac, un test qui est considéré comme un critère fiable pour tester la pathogénicité (Khurtsiya, 1979 ; Amani et Akhavadegan, 1979 ; Akhtar et Sarwar, 1988 ; Roos et Hattingh, 1983). De plus, nous avons observé que tous les isolats de *P. s. pv. mori* et de *P. s. pv. syringae* entraînent des symptômes de taches marron foncé et d'engorgement d'eau sur les feuilles. Les symptômes provoqués par *P. s. pv. mori* sur le mûrier dans la province de Guilan, comprennent des anneaux décolorés sur la tige et sur les brindilles des jeunes plants, qui deviennent marron foncé et sont entourés par un épaississement comme une tumeur. La croissance des jeunes plants infestés est retardée. Aux endroits de l'infestation, il se produit une nécrose et une destruction complète de l'écorce et des tissus ligneux ; la tige se casse facilement. La moelle devient jaune et certains vaisseaux deviennent assez noirs. Le taux de contamination par la flétrissure bactérienne de la feuille dans les mûraies de la province de Guilan y compris à Rasht, Pasikhan, Parand, Masl, Some-sara, Lahijan est très élevé, de sorte que les symptômes de la flétrissure foliaire bactérienne chez la variété à rendement élevé, Kenmochi, sont plus importants que chez les autres variétés telles qu'Ichinose, Shin-Ichinose et les arbres locaux. Avec l'application de 150, 120 et 120 kg /ha d'engrais N.P.K., l'intensité de la maladie de la flétrissure bactérienne diminue (Sharma et coll., 1996).

La fréquence de la population de *P. s. pv. syringae* avec l'activité de nucléation (production de germes) sous glace (INA) est très élevée chez les mûriers. Des études ont été réalisées sur la relation entre la population des bactéries INA et les dégâts dus au gel chez le mûrier (Takahashi et coll., 1995). Mariano (1986) a observé que *P. s. pv. syringae* survit de manière épiphytique pendant une période variable sur les racines et le feuillage d'un ensemble varié de mauvaises herbes annuelles et vivaces c'est à dire *Plantago lanceolata*, *Physalis subglabrata*, *Datura stramonium* et Brassar kabar dans des conditions de terrain. Ces mauvaises herbes sont présentes dans les mûraies de la province de Guilan. Puisque la plupart des variétés de mûrier en Iran présentent des symptômes de flétrissure bactérienne et sont sensibles à ces agents, une des meilleures méthodes pour réduire la maladie consiste à introduire des variétés résistantes qui devraient recevoir plus d'attention dans les programmes de lignage du mûrier (Philip et coll., 1995 ; Jalaja et coll., 2001). On ne connaît pas de résistance verticale à la maladie (Nations Unies, 1990. Sharma et coll., 1991). On peut utiliser des antibiotiques agricoles comme la streptomycine ou la streptocycline en vaporisation foliaire à une concentration de 0,1 %. *P. s. pv. syringae* est l'un des agents pathogènes qui ne provoque la flétrissure de la feuille de mûrier qu'en hiver. Une propriété importante de cette bactérie est qu'elle peut catalyser la formation de cristaux de glace dans des fluides très froids. Le rôle de l'activité de nucléation dans la glace de cette bactérie est discutable. Cette étude indique que l'activité de nucléation dans la glace de *P. s. pv. syringae* isolée dans les mûraies est uniforme. Ces résultats confirment l'expérience de Klement et coll., (2004) dans des vergers d'abricotiers. On détermine l'activité de nucléation dans la glace de la

bactérie *P. s. pv. syringae* par une technique de congélation rapide et des résultats similaires ont été obtenus par Dubrovsky et coll, 2004 en Tchécoslovaquie. On peut comparer la SDS-PAGE avec celle des isolats références. Les bandes protéiques des isolats sont presque similaires à celles des isolats références. Les isolats de *P.s. pv. mori* et de *P.s. pv syringae* utilisés dans cette étude, proviennent d'endroits variés dans la province de Guilan et c'est le premier rapport de *P.s. pv. mori* sur le mûrier à Guilan. L'étude sur la variation génétique d'autres isolats que les bactéries mentionnées ci-dessus dans différentes parties de l'Iran pourrait constituer une étude de cas pour le futur.

EFFICACY OF BOTANICALS AGAINST GRASSERIE DISEASE OF SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

S. MANIMEGALAI & N. CHANDRAMOHAN

Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641 003, India.

Administration of seed extract of Psoralea corylifolia Lin. and leaf extract of Plectranthus amboinicus Lour. to third instar larvae of silkworm cross breed, PM × NB₄D₂ resulted in reduction of 57.63 and 59.78 per cent mortality as against 61.63 per cent in standard check, P. corylifolia leaf extract, besides improving the economic parameters. The bioactive compounds in leaf, i. e. tannin was recorded to be 52 mg / g and phenol 2.8 mg / g in P. corylifolia. P. amboinicus recorded 60.3 mg / g of tannin and 2.1 mg / g of phenol respectively.

Keywords : *Bombyx mori*, grasserie, botanicals, economic parameters, *in vitro* studies, bioactive compounds.

INTRODUCTION

In tropical countries like India, mulberry silkworm, *Bombyx mori* L. is continuously reared throughout the year which makes it highly susceptible to pathogens and hence occurrence of diseases is a major constraint. More than 15 per cent crop loss due to grasserie is reported (Samson, 1992). Though chemicals play an important role in the management of the pathogen, taking into account, the environmental safety, plant products are given due importance. Presence of viral inhibitors have been reported in various plant species (Verma *et al.*, 1985).

The effect of *Psoralea corylifolia* Lin. against the grasserie disease of *B. mori* has been reported by Sivaprakasm and Rabindra (1996). Hence, identification of effective botanicals will be of great use to sericulture industry especially for the management of diseases.

MATERIALS AND METHODS

Bioassay:

Two laboratory experiments were conducted one each in summer and winter 2003 to study the effect of botanicals against the grasserie disease of silkworm cross breed, PM × NB₄D₂ with eight treatments containing a standard (*Psoralea corylifolia* Lin.), leaf extract, treated and untreated control replicated three times with 120 larvae per treatment.

The polyhedral occlusion bodies were extracted from silkworm cadaver and purified by gradient centrifugation (Sugumori *et al.*, 1990). The polyhedra in the virus suspension was counted using improved Neubauer haemocytometer in a phase contrast microscope.

The leaves or seeds of the test plant were weighed and cut into small pieces. The leaf bits and soaked seeds of *P. corylifolia* were macerated in a pestle and mortar with a small amount of distilled water. The active principles were then extracted using petroleum ether extract to get a stock solution of 10,000 ppm. From the stock, 800 ppm concentration was prepared using sterile distilled water and used for bioassays by adding 0.1% teepol. Water containing 0.1% teepol was used for control.

The mulberry leaves of Kanva 2 variety were cut into pieces of one cm² and each leaf bit was smeared with 200 µl of BmNPV suspension containing 10⁷ POBs / ml. Five such leaf bits were provided to each third instar immediately after second moult and were maintained separately.

The leaves of Kanva 2 variety treated with the botanicals were fed to the third instar larvae immediately after second moult and the next feeding was given with mulberry leaves smeared with *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus. The administration of the botanicals was done thrice, i. e., immediately after second, third and fourth moult. The larvae used for the experiment were reared as per the methods of Krishnaswamy (1978). Observations were made on larval mortality, fifth instar larval duration, larval weight (fifth day of fifth instar), cocoon weight, shell weight, shell ratio, silk filament length and silk filament weight. The denier and the silk productivity were also computed. Denier refers to the thickness of silk filament. It is the weight of 9000 m of silk filament.

$$\text{Denier (g)} = \frac{\text{Weight of silk filament (g)} \times 9000}{\text{Length of silk filament (m)}}$$

$$\text{Silk productivity (cg / day)} = \frac{\text{Shell weight in cg}}{\text{Duration of fifth instar (days)}}$$

Treatments consisted of:

1. *Psoralea corylifolia* Lin. seed extract (except this, all other treatments are leaf extracts).
2. *Chenopodium album* L.
3. *Plectranthus amboinicus* Lour
4. *Milabiris jalapa* L.
5. *Terminalia arjuna* W.
6. *Psoralea corylifolia* Lin.
7. Treated control
8. Untreated control

Chemical analyses:

The best performing botanicals were analysed for the total phenol (Malik and Singh, 1980) and tannin (Schandrel, 1970).

RESULTS AND DISCUSSION

Winter 2003:

1. Percent larval mortality due to grasserie:

All the treatments were found effective in reducing the mortality due to grasserie. *Plectranthus amboinicus* was on par with the standard (*P. corylifolia*).

The effect of botanicals on the larval mortality due to grasserie is presented in Table I. The lowest mortality of 22.50 percent and percent reduction of 64.00 from control was obtained in *Plectranthus amboinicus* and it was on par with standard, *P. corylifolia* leaf extract. Both were on par with *P. corylifolia* seed extract which recorded 27.50 per cent mortality and 57.63 per cent disease reduction from control. Control recorded a mortality of 62.50 per cent.

2. Larval and cocoon characters:

Among the various plants tested, the highest larval weight of 3.18g was obtained in *P. amboinicus* and it was on par with other botanicals tested except *T. arjuna*.

No significant difference in cocoon weight and shell ratio was observed between the various botanicals which ranged from 1.53 to 1.77 g for cocoon weight and 14.74 and 17.61 per cent for shell ratio except treated control (1.25g, 14.08%) (Tab. II). The standard recorded highest shell weight of 0.27g and was on par with *P. amboinicus* (0.26g) and *P. corylifolia* seed extract (0.25 g). No significant difference was obtained between various treatments with regard to shell ratio except untreated control.

Table I. Effect of botanicals for the management of grasserie disease in *Bombyx mori*.

Tableau I. Effet de substances végétales pour la gestion de la maladie de la grasserie chez *Bombyx mori*.

Treatment*	Percent mortality due to grasserie			Percent reduction from control		
Traitement*	Pourcentage de mortalité dû à la grasserie			Diminution en % par rapport au témoin		
	W	S	P	W	S	P
<i>Psoralea corylifolia</i> seed ** Graine de <i>Psoralea corylifolia</i>	27.50a	27.50a	27.50a	56.00a	59.26a	57.63a
<i>Chenopodium album</i>	47.50b	42.50b	45.00b	24.00b	37.04 ^b	30.52 ^b
<i>Plectranthus amboinicus</i>	22.50 ^a	30.00 ^a	26.75 ^a	64.00 ^a	55.56 ^a	59.78 ^a
<i>Milabiris jalapa</i>	47.50 ^b	42.50 ^b	47.50 ^b	31.04 ^b	24.00 ^b	27.52 ^b
<i>Terminalia arjuna</i>	42.50 ^b	42.50 ^b	42.50 ^b	32.00 ^b	37.04 ^b	34.52 ^b
Standard (<i>P. corylifolia</i> leaf) Standard (feuille de <i>P. corylifolia</i>)	22.50 ^a	27.50a	25.00a	64.00 ^a	59.26a	61.63a
Treated control*** Témoin traité	62.50 ^c	67.50 ^b	65.00 ^c			
Untreated control Témoin non traité						

W = Winter / Hiver, S = Summer / Été, P = Pooled / Regroupement.

* Leaf extracts at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de feuille à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

** Seed extract at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de graine à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

*** Virus alone (10^7 POBs / ml) / Virus seul (10^7 POBs / ml).

In a column, means followed by same letter(s) are not significantly different by DMRT ($p = 0.05$). / Dans une colonne, les moyennes suivies par la / les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes par le DMRT ($P = 0,05$).

Table II. Effect of botanicals on larval and cocoon characters of *B. mori*.Tableau II. Effet de substances végétales sur les caractères de la larve et du cocon de *B. mori*.

Treatment*	Larval weight (g)			Cocoon weight (g)			Shell weight (g)			Shell ratio (%)		
Traitement*	Poids larvaire (g)			Poids du cocon (g)			Poids de la coque (g)			Richesse soyeuse (%)		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P	W	S	P
<i>Psoralea corylifolia</i> **	2.85 ^b	3.11 ^{bc}	2.98 ^b	1.53 ^a	1.64 ^a	1.59 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.28 ^a	15.72 ^a	18.13 ^a	16.93 ^{ab}
<i>Chenopodium album</i>	2.86 ^b	2.94 ^c	2.90 ^b	1.58 ^a	1.54 ^a	1.56 ^{ab}	0.24 ^b	0.28 ^a	0.26 ^{ab}	15.38 ^a	18.81 ^a	17.10 ^a
<i>Plectranthus amboinicus</i>	3.18 ^b	3.22 ^b	3.20 ^b	1.77 ^a	1.66 ^b	1.72 ^a	0.26 ^a	0.32 ^a	0.29 ^a	15.76 ^a	19.48 ^a	17.62 ^a
<i>Milabiris jalapa</i>	2.84 ^b	3.07 ^c	3.00 ^b	1.53 ^a	1.52 ^a	1.53 ^{ab}	0.24 ^b	0.27 ^a	0.26 ^{ab}	15.19 ^a	17.45 ^a	16.32 ^{ab}
<i>Terminalia arjuna</i>	2.72 ^b	2.96 ^c	2.84 ^{bc}	1.59 ^a	1.56 ^b	1.58 ^{ab}	0.23 ^b	0.28 ^a	0.26 ^{ab}	14.74 ^{ab}	17.97 ^a	16.36 ^{ab}
Standard (<i>P. corylifolia</i> leaf) Norme (feuille de <i>P. corylifolia</i>)	3.12 ^b	3.32 ^{ab}	3.22 ^b	1.63 ^a	1.60 ^b	1.62 ^a	0.27 ^a	0.28 ^b	0.28 ^a	16.67 ^a	17.28 ^a	16.98 ^a
Treated control / Témoin traité ***	2.36 ^c	2.30 ^d	2.33 ^c	1.25 ^b	1.48 ^b	1.37 ^b	0.20 ^b	0.25 ^c	0.23 ^b	14.08 ^b	16.92 ^a	15.50 ^b
Untreated control / Témoin non traité	3.74 ^a	3.60 ^a	3.67 ^a	1.76 ^a	1.74 ^a	1.75 ^a	0.27 ^a	0.29 ^a	0.28 ^a	17.61 ^a	18.39 ^a	18.00 ^a

W = Winter / Hiver, S = Summer / Été, P = Pooled / Regroupé

* Leaf extracts at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de feuille à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)** Seed extract at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de graine à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)*** Virus alone (10^7 POBs / ml) / Virus seul (10^7 POBs / ml).In a column, means followed by same letter(s) are not significantly different by DMRT ($p = 0.05$). / Dans une colonne, les moyennes suivies par la / les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes par le DMRT ($P = 0,05$).

Table III. Effect of botanicals on silk characters of *B. mori*.Tableau III. Effet de substances végétales sur les caractères de la soie de *B. mori*.

Treatments*	Silk filament (m) length			Silk filament weight (mg)			Denier (g)		
Traitements*	Longueur du filament de soie (m)			Poids du filament de soie (mg)			Titre (g)		
	W	S	P	W	S	P	W	S	P
<i>Psoralea corylifolia</i> seed** <i>Graine de P. corylifolia</i>	732 ^c	765 ^b	748 ^b	200 ^b	228 ^b	214 ^{ab}	2.56 ^a	2.72 ^a	2.64 ^a
<i>Chenopodium album</i>	730 ^c	665 ^d	698 ^d	199 ^b	203 ^b	203 ^b	2.45 ^a	2.72 ^a	2.59 ^a
<i>Plectranthus amboinicus</i>	748 ^b	773 ^b	761 ^b	213 ^b	228 ^a	221 ^a	2.56 ^a	2.65 ^a	2.61 ^a
<i>Milabiris jalapa</i>	726 ^d	727 ^c	727 ^c	195 ^b	212 ^b	204 ^b	2.42 ^a	2.50 ^a	2.46 ^b
<i>Terminalia arjuna</i>	726 ^d	735 ^c	731 ^c	202 ^b	221 ^{ab}	212 ^b	2.51 ^a	2.71 ^a	2.61 ^a
Standard (<i>P. corylifolia</i> leaf) Standard (feuille de <i>P. corylifolia</i>)	743 ^b	762 ^b	753 ^b	212 ^b	225 ^a	219 ^{ab}	2.57 ^a	2.86 ^a	2.72 ^a
Treated control*** Témoin traité	704 ^c	642 ^c	673 ^c	185 ^b	173 ^c	179 ^c	2.37 ^a	2.28 ^a	2.33 ^b
Untreated control Témoin non traité	782 ^a	790 ^a	786 ^a	226 ^a	235 ^a	231 ^a	2.60 ^a	2.68 ^a	2.64 ^a

W = Winter / Hiver, S = Summer / Été, P = Pooled / Regroupement.

* Leaf extracts at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de feuille à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

** Seed extract at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de graine à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

*** Virus alone (10^7 POBs / ml) / Virus seul (10^7 POBs / ml).

In a column, means followed by same letter(s) are not significantly different by DMRT ($p = 0.05$). / Dans une colonne, les moyennes suivies par la / les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes par le DMRT ($P = 0,05$).

Silk characters:

Among the botanicals tested, the silk characters i. e., silk filament length was higher in *P. amboinicus* recording 748 m and was on par with the standard (743 m). The different treatments did not show significant variation among themselves regarding silk filament weight except untreated control (Table III). No significant difference was observed with respect to denier.

Silk productivity and larval duration:

Among the botanicals, silk productivity was highest in standard test (40.00 cg / day) followed by *P. amboinicus* (37.82 cg / day).

The fifth instar larval duration was prolonged in *T. arjuna* (175 hours) followed by *C. album* (170.00 hrs) (Table IV).

Table IV. Effect of botanicals on the silk productivity and larval duration of *B. mori*.

Tableau IV. Effet de substances végétales sur la productivité de la soie et la durée larvaire de *B. mori*.

Treatments*	Silk productivity (cg / day)			Larval duration (h)		
Traitements*	Productivité de la soie (cg / jour)			Durée larvaire (h)		
	W	S	P	W	S	P
<i>Psoralea corylifolia</i> seed **	35.79 ^c	44.81 ^b	40.30 ^a	163.00 ^a	159.00 ^b	161.00 ^a
<i>Chenopodium album</i>	33.93 ^c	38.68 ^d	36.31 ^b	170.00 ^{ab}	171.67 ^c	170.84 ^b
<i>Plectranthus amboinicus</i>	37.82 ^b	48.87 ^a	45.35 ^a	165.00 ^b	167.00 ^c	166.00 ^b
<i>Milabris jalapa</i>	32.82 ^c	42.25 ^c	37.54 ^a	161.00 ^a	152.00 ^a	156.00 ^a
<i>Terminalia arjuna</i>	29.38 ^d	38.79 ^d	35.19 ^b	175.00 ^b	173.67 ^c	174.34 ^c
Standard (<i>P. corylifolia</i> leaf)	40.00 ^{ab}	43.38 ^b	41.69 ^a	162.00 ^a	153.30 ^d	157.65 ^a
Standard (feuille de <i>P. corylifolia</i>)						
Treated control***	43.10 ^a	36.10 ^c	32.74 ^b	165.00 ^a	167.00 ^c	166.50 ^b
Témoin traité***						
Untreated control	43.10 ^a	45.71 ^a	44.41 ^a	167.00 ^a	168.00 ^c	167.50 ^b
Témoin non traité						

W = Winter / Hiver, S = Summer / Été, P = Pooled / Regroupement.

* Leaf extracts at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de feuille à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

** Seed extract at 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml) / Extrait de graine à 800 ppm + virus (10^7 POBs / ml)

*** Virus alone (10^7 POBs / ml) / Virus seul (10^7 POBs / ml).

In a column, means followed by same letter(s) are not significantly different by DMRT ($p = 0.05$). / Dans une colonne, les moyennes suivies par la / les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes par le DMRT ($P = 0,05$).

Summer 2003:**1. Percent larval mortality due to grasserie:**

The lowest mortality and higher percent reduction was recorded in *P. corylifolia* (27.50, 59.26) and was on par with *Plectranthus amboinicus* (30.00, 55.56). Control recorded a mortality of 67.50 percent. All the treatments were found to be effective in reducing the mortality (Table I).

2. Larval and cocoon characters:

No significant difference in larval weight and cocoon weight was observed between standard (3.32g, 1.60 g), *P. corylifolia* seed (3.11 g, 1.64g) and *P. amboinicus* (3.22 g, 1.66g). Treated control recorded a larval weight of 2.30g and cocoon weight of 1.48g which was significantly lower compared to all other treatments.

The highest shell weight of 0.32g was recorded in *P. amboinicus* and was on par with *P. corylifolia* seed (0.30 g). All the treatments were on par with regard to shell ratio (Table II).

Silk characters:

P. amboinicus recorded the highest silk filament length of 773 m and weight of 228 mg next to untreated control (790 m, 235 mg) followed by standard (732m, 225 mg) and *P. corylifolia* seed (765m, 228 mg). No significant difference was observed with respect to denier (Table III).

Silk productivity and larval duration:

Silk productivity was highest in *P. amboinicus* (48.87 cg / day) followed by *P. corylifolia* seed (44.87 cg / day) and standard (43.38 cg / day) (Table IV).

A shorter larval duration of 152 hrs was recorded in *M. jalapa* and was on par with standard (153.30 hrs) followed by *P. corylifolia* seed (159 hrs). The longest duration was recorded in *T. arjuna* (173.67 hrs) (Table IV).

The present study shows the effect of *P. corylifolia* seed (57.63% reduction) and *P. amboinicus* (59.78%) in bringing more than 50 per cent reduction in mortality due to grasserie and was on par with the standard, *P. corylifolia* leaf (61.63%) (Table I). The present result confirms the findings of Samuel Manohar Raj (1994) who reported the effectiveness of aqueous extract of *P. corylifolia* against the third instar, *B. mori*. Manoharan (1996) reported the effectiveness of *Acacia suma* Roxb. and *Caesalpinia coriaria* Jacq. in reducing the mortality due to grasserie against third instar larva. Manimegalai *et al.*, (2000) reported that the application of *Curcuma longa* + chalk powder (1:5) at a concentration of 1 kg / 100 dfls thrice, once during third, fourth and fifth instars immediately after moulting resulted in a reduction of grasserie by 63.16 and 62.45 percent against third instar during summer and winter respectively and it was on par with the standard bed disinfectant, Vijetha.

The present result corroborates the work of Gowda (1991) who reported that the extracts of *P. corylifolia* and *Tribulus terrestris* L. enhanced the economic characters. The growth promotory effect of the same on the increased larval weight, silk gland weight, cocoon weight shell weight and silk filament length was demonstrated by Murugan *et al.*, (1998).

The peritrophic membrane is an antimicrobial device. The function may be enhanced when the dietary tannin bind to it, occlude its pore thus stopping the escape of virions released from polyhedral occlusion bodies.

The aggregation of polyhedra on treating with aqueous extracts of *T. terrestris* was reported by Sivaprakasm (1999). The aggregation may be due to phenols and tannins. This is supported by Keating *et al.*, (1988) who reported that tannins and phenols may be able to bind directly with the virions and subsequently interfere with virus host cell interaction. Manoharan (1996) reported that aqueous extracts of *A. suma* and *C. coriaria* showed higher rate of aggregation and lesser mortality due to Bm NPV. The higher aggregation of POBs might be the reason for grasserie suppression when these botanicals were fed to the worms.

Table V. Biochemical constituents of *Plectranthus amboinicus* and *Psoralea corylifolia*.**Tableau V. Composants biochimiques de *Plectranthus amboinicus* et *Psoralea corylifolia*.**

Biochemical constituents	<i>Plectranthus amboinicus</i>	<i>Psoralea corylifolia</i>
<i>Composants biochimiques</i>		
pH	4.40	6.35
Total phenol (mg / g) <i>Phénol total (mg / g)</i>	2.10	2.80
Tannin (mg / g)	60.3	52.0

Chemical analyses:

Chemical analyses showed that pH of leaf sap was 6.35 for *P. corylifolia* and 4.40 for *P. amboinicus* (Table V). The total phenol and tannin were 28 and 52 mg/g for *P. corylifolia* and 2.1 and 60.3 mg / g for *P. amboinicus* on moisture free basis. The lower pH and higher tannin content was responsible for imparting resistance to grasserie. This is in agreement with the findings of Keating *et al.*, (1988) who reported that higher phenolic content and higher acidity of oak leaves tended to decrease NPV infection in gypsy moth, *Lymantria dispar* L. The aggregation of polyhedra inhibited the viral activity in silkworm and this may be due to slower dissolution of polyhedra, thereby increasing the time of release of virions or the botanicals might have adhered to the viral recognition sites or it might have affected other processes responsible for viral infection or replication in the host.

REFERENCES

- GOWDA (1991) Studies on methods to increase silk yield of *Bombyx mori* L. (Bombycidae: Lepidoptera). Ph. D. Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, p. 42.
- KEATING S. T., YENDOL W. G., SCHULTZ J. C. (1988) Relationship between silk of gypsy moth larvae to a baculovirus and host plant constituents. *Environ. Entomol.*, 17(6), 952-958.
- KRISHNASWAMI (1978) New technology of silkworm rearing. Bulletin II, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India, 34 p.
- MALIK C. P., SINGH M. B. (1980) Estimation of phenols by folin ciocalteau reagent. In: Plant Enzymology and Histoenzymology. A text manual, Kalyan Publishers, New Delhi, p. 286.
- MANIMEGALAI S., SUBRAMANIAN A., CHANDRAMOHAN N. (2000). Efficacy of bed disinfectants and botanicals against grasserie disease of silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia*. 40(4) : 585-590.
- MANOHARAN S. (1996) Evaluation of certain botanicals for the management of grasserie disease of silkworm, *Bombyx mori* L. M. Sc. (Sericulture) thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, p. 89.
- MURUGAN K., JEYABALAN D., SENTHIL K. N., SENTHIL NATHAN S., SIVA PRAKAS M. N. (1998) Growth promotory effects of plant products on silkworm a biotechnological application. *J. Sci. Indust. Research*, 57: 740-745.

- SAMSON M. V. (1992) Silkworm crop protection. Season IV abstract. National Conference on Mulberry and Sericultural Research, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, Dec 10-11, pp. 13.
- SAMUEL MANOHAR RAJ K. (1994) Effect of certain botanicals on three nuclear polyhedrosis disease of *Bombyx mori* L. M. Sc. (Sericulture) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, 74 p.
- SCHANDREL S. H. (1970). Tannins and related phenolics. In: Methods in food analysis (Ed. A. Maynard), Academic Press, New York and London pp. 709-711.
- SIVAPRAKAS N. (1999) Botanical for the management of grasserie disease of silkworm, *Bombyx mori* L. Proceedings of National Seminar on Tropical Sericulture, University of Agricultural Sciences, Bangalore. Dec 28-30. pp. 335-336.
- SIVAPRAKAS N., RABINDRA R. J. (1996) Integrated disease management methods for grasserie of silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 35(2) : 122-127.
- SUGUMORI H., NAGAMINE T., KOBAYASHI M. (1990) Analysis of structural polypeptides of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) nuclear polyhedrosis virus. Appl. Entomol. Zool., 25(1): 67-77.
- VERMA H. N., ABIS ALI KHAN M. M., DWIEDI S. D. (1985) Biophysical properties of highly antiviral agents present in *Pseudoranthemum atropurpureum* and *Bougainvillea spectabilis* extract. Indian J. Plan Pathol., 3: 13-20.

EFFICACITE DE SUBSTANCES VEGETALES CONTRE LA MALADIE DE LA GRASSERIE DU VER A SOIE, *BOMBYX MORI* L.

S. MANIMEGALAI & N. CHANDRAMOHAN

Department of Sericulture, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore 641 003, Inde.

L'administration d'extrait de graine de Psoralea corylifolia Lin. et d'extrait de feuille de Plectranthus amboinicus Lour. à des larves du troisième âge de l'hybride, PM × NB4D2 entraîne une diminution de la mortalité de 57,63 et de 59,78 % contre 61,63 % chez le témoin traité à l'extrait de feuille P. corylifolia, tout en améliorant les paramètres économiques. Les composés bioactifs de la feuille, c'est à dire les tanins s'avèrent être de 52 mg/g et le phénol de 2,8 mg/g chez P. corylifolia. P. amboinicus enregistre respectivement 60,3 mg/g de tanins et 2,1 mg/g de phénol.

INTRODUCTION

Dans les pays tropicaux comme l'Inde, le ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L. est élevé de manière continue pendant toute l'année, ce qui le rend très sensible aux pathogènes et l'éruption des maladies est donc une contrainte majeure. On rapporte plus de 15 pour cent de pertes de récoltes à cause de la grasserie (Samson, 1992). Bien que les produits chimiques jouent un rôle important dans la gestion du pathogène, si l'on prend en compte la protection de l'environnement, il convient d'accorder une certaine importance aux produits à base de plantes. On a rapporté la présence d'inhibiteurs viraux chez diverses espèces de plantes (Verma et coll., 1985).

Sivaprakasm et Rabindra (1996) ont rapporté l'effet de *Psoralea corylifolia* Lin. contre la maladie de la grasserie chez *B. mori*. L'identification de médicaments à base de plantes efficaces s'avère donc très utile pour l'industrie séricicole surtout pour gérer les maladies.

MATERIELS ET METHODES

Evaluation biologique :

On réalise deux expériences en laboratoire l'une en été et l'autre en hiver 2003 pour étudier l'effet de substances végétales contre la maladie de la grasserie chez l'hybride PM × NB4D2 avec huit traitements comportant une référence (*Psoralea corylifolia* Lin.), un extrait de feuille, un témoin traité et non traité répétés trois fois avec 120 larves par traitement.

On extrait les corps d'occlusion polyédraux des cadavres de vers à soie et on les purifie par centrifugation sur gradients (Sugumori et coll., 1990). On compte les polyèdres dans la suspension de virus en utilisant un hémocytomètre de Neubauer amélioré sous un microscope à contraste de phase.

On pèse les feuilles ou les graines de la plante testée et on les coupe en petits morceaux. On fait macérer les morceaux de feuilles et les graines trempées de *P. corylifolia* avec une petite quantité d'eau distillée dans un mortier avec un pilon. Puis, on extrait les principes actifs en utilisant un extrait d'éther de pétrole pour obtenir une solution mère à 10,000 ppm. A partir de la solution mère, on prépare une concentration à 800 ppm en utilisant de l'eau distillée stérile et on l'utilise pour les

évaluations biologiques en ajoutant 0,1 % de teepol. On utilise de l'eau contenant 0,1 % de teepol pour le témoin.

On coupe les feuilles de mûrier de la variété Kanva 2 en morceaux d'un cm² et on enduit chaque morceau avec 200 µl de suspension de BmNPV (*Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus) contenant 10⁷ POBs / ml. On donne cinq de ces morceaux de feuilles à chaque lot au troisième âge immédiatement après la deuxième mue et on les maintient séparément.

On nourrit les larves du troisième âge immédiatement après la deuxième mue avec des feuilles de la variété Kanva 2 traitées avec les extraits végétaux et on procède au repas suivant avec des feuilles de mûrier enduites avec le virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori*. On procède à l'administration des substances botaniques trois fois, c'est à dire immédiatement après la deuxième, la troisième et la quatrième mue. On élève les larves utilisées pour l'expérience d'après les méthodes de Krishnaswamy (1978). On procède aux observations sur la mortalité larvaire, la durée du cinquième âge (larvaire), le poids larvaire (cinquième jour du cinquième âge), le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse, la longueur du filament de soie et le poids du filament de soie. On évalue aussi le titre et la productivité de la soie. Le titre se réfère à l'épaisseur du filament de soie. C'est le poids de 9000 m de filament de soie.

$$\text{Titre (g)} = \frac{\text{Poids du filament de soie (g)} \times 9000}{\text{Longueur du filament de soie (m)}}$$

$$\text{Productivité de la soie (cg / jour)} = \frac{\text{Poids de la coque en cg}}{\text{Durée du 5ème âge (jours)}}$$

Les traitements sont constitués de :

1. Extrait de graine de *Psoralea corylifolia* Lin (à part celui-là, tous les autres traitements sont des extraits de feuilles)

2. *Chenopodium album* L.

3. *Plectranthus amboinicus* Lour

4. *Milabiris jalapa* L.

5. *Terminalia arjuna* W.

6. *Psoralea corylifolia* Lin.

7. Témoin traité

8. Témoin non traité

On analyse les substances botaniques les plus performantes pour l'ensemble des phénols (Malik et Singh, 1980) et les tanins (Schandrel, 1970).

RESULTATS ET DISCUSSION

Hiver 2003 :

1. Pourcentage de mortalité larvaire due à la grasserie :

Tous les traitements s'avèrent efficaces pour diminuer la mortalité provoquée par la grasserie. *Plectranthus amboinicus* donne les mêmes résultats que la référence (*P. corylifolia*).

L'effet des substances botaniques sur la mortalité larvaire provoquée par la grasserie est présenté dans le Tableau I. La mortalité la plus faible de 22,50 pour-cent soit une diminution de 64 % par rapport au témoin est obtenue avec *Plectranthus amboinicus* et elle est à égalité avec la référence, l'extrait de feuille *P. corylifolia*. Tous deux sont à égalité avec l'extrait de graine *P. corylifolia* qui entraîne une mortalité de 27,50 % et une diminution de la maladie de 57,63 % par rapport au témoin. Le témoin enregistre une mortalité de 62,50 %.

2. Caractères de la larve et du cocon :

Parmi les diverses plantes testées, on obtient le poids larvaire le plus élevé de 3,18 g avec *P. amboinicus* à égalité avec les autres substances botaniques testées sauf *T. arjuna*. On n'observe pas de différence importante pour le poids du cocon et la richesse soyeuse entre les diverses substances botaniques, le poids du cocon est compris entre 1,53 g et 1,77g et la richesse soyeuse entre 14,74 et 17,61 % à l'exception du témoin traité (1,25 g, 14,08 %) (Tab. II). La référence enregistre le poids de coque le plus élevé de 0,27 g et est à égalité avec *P. amboinicus* (0,26g) et l'extrait de graine *P. corylifolia* (0,25g). On n'obtient pas de différence significative entre les divers traitements pour la richesse soyeuse sauf avec le témoin non traité.

Caractères de la soie :

La longueur du filament de soie est plus élevée avec *P. amboinicus*, elle est de 748 m et est à égalité avec la référence (743 m). Les différents traitements ne présentent pas une variation importante entre eux concernant le poids du filament sauf le témoin non traité (Tableau III). On n'observe pas de différence importante pour le titre.

Productivité de la soie et durée larvaire :

Parmi les substances botaniques, la productivité de la soie est la plus élevée chez le test référence (40 cg / jour) suivi par *P. amboinicus* (37,82 cg / jour).

La durée larvaire du 5^{ème} âge est prolongée avec *T. arjuna* (175 heures) suivie par *C. album* (170 heures) (Tableau IV).

Été 2003 :

1. Pourcentage de mortalité larvaire due à la grasserie :

On enregistre la mortalité la plus faible et le pourcentage de diminution le plus élevé avec *P. corylifolia* (27,50 ; 59,26) à égalité avec *Plectranthus amboinicus* (30 ; 55,56). Le témoin enregistre une mortalité de 67,50 %. Tous les traitements s'avèrent efficaces pour diminuer la mortalité (Tableau I).

2. Caractères de la larve et du cocon :

On n'observe pas de différence importante pour le poids de la larve et du cocon entre la référence (3,32 g ; 1,60 g), la graine de *P. corylifolia* (3,11 g ; 1,64g) et *P. amboinicus* (3,22 g ; 1,66 g). Le témoin traité enregistre un poids larvaire de 2,30 g et un poids du cocon de 1,48 g qui sont considérablement plus faibles par comparaison aux autres traitements.

On enregistre le poids de coque le plus élevé de 0,32 g avec *P. amboinicus* et il est à égalité avec la graine de *P. corylifolia* (0,30 g). Tous les traitements sont à égalité pour la richesse soyeuse (Tableau II).

Caractères de la soie :

P. amboinicus donne la longueur (773 m) et le poids du filament de soie (228 mg) les plus importants après le témoin non traité (790 m, 235 mg) suivi par la référence (732 m, 225 mg) et la graine de *P. corylifolia* (765 m, 228 mg). On n'observe pas de différence importante pour le titre (Tableau III).

Productivité de la soie et durée larvaire :

La productivité de la soie est la plus élevée avec *P. amboinicus* (48,87 cg / jour) suivi par la graine de *P. corylifolia* (44,87 cg / jour) et la référence (43,38 cg / jour) (Tableau IV).

On enregistre une durée larvaire plus courte (152 h) avec *M. jalapa* à égalité avec la référence (153,30 h) suivie par la graine de *P. corylifolia* (159 h). On enregistre la durée la plus longue avec *T. arjuna* (173,67 h) (Tableau IV).

Cette étude montre l'effet de la graine de *P. corylifolia* (diminution de 57,63 %) et de *P. amboinicus* (59,78 %) pour diminuer de plus de 50 % la mortalité provoquée par la grasserie à égalité avec la référence, la feuille de *P. corylifolia* (61,63 %) (Tableau I). Ces résultats confirment les observations de Samuel Manohar Raj (1994) qui a rapporté l'efficacité de l'extrait aqueux de *P. corylifolia* chez le troisième âge de *B. mori*. Manoharan (1996) a rapporté l'efficacité d'*Acacia suma* Roxb. et de *Caesalpinia coriaria* Jacq pour diminuer la mortalité due à la grasserie chez les larves du 3^{ème} âge. Manimegalai et coll., (2000) ont rapporté que l'application de *Curcuma longa* + poudre de chaux (1 : 5) à une concentration de 1 kg / 100 pontes saines une fois pendant le troisième, le quatrième et le cinquième âge immédiatement après la mue entraîne une diminution de la grasserie de 63,16 et 62,45 % au 3^{ème} âge respectivement en été et en hiver et cela à égalité avec le désinfectant de litière standard, le Vijetha.

Ces résultats corroborent également les travaux de Gowda (1991) qui indiquent que les extraits de *P. corylifolia* et de *Tribulus terrestris* améliorent les caractères économiques. Murugman et coll. (1998), ont démontré leur effet de promoteur de la croissance pour l'augmentation du poids larvaire, du poids de la glande séricigène, de poids du cocon, du poids de la coque et pour la longueur du filament de soie.

La membrane péritrophique est un dispositif antimicrobien. Sa fonction pourrait être renforcée quand le tanin alimentaire se lie à elle, bouche ses pores et stoppe ainsi la fuite des virions libérés par les corps d'occlusion polyédraux.

Sivaprakasm (1999) a rapporté l'aggrégation des polyèdres lorsqu'on les traite avec des extraits aqueux de *T. terrestris*. L'aggrégation pourrait être due aux phénols et aux tanins. Cela a été confirmé par Keating et coll., (1998) qui ont rapporté que les tanins et les phénols pourraient être capables de se lier directement avec les virions et par la suite d'interférer avec le virus dans la cellule de l'hôte. Manoharan (1996) a rapporté que les extraits aqueux d'*A. suma* et de *C. coraria* entraînent un taux plus élevé d'aggrégation et une mortalité inférieure due à Bm NPV. L'aggrégation plus importante des POBs pourrait être la raison qui entraîne la suppression de la grasserie quand on administre ces substances botaniques aux vers à soie.

Analyses chimiques :

Les analyses chimiques montrent que le pH de la sève de la feuille est de 6,35 pour *P. corylifolia* et de 4,40 pour *P. amboinicus* (Tableau V). L'ensemble des phénols et des tanins est de 28 et 52 mg / g pour *P. corylifolia* et de 2,1 et de 60,3 mg / g pour *P. amboinicus* sur une base d'absence d'humidité. Le pH plus faible et la teneur plus élevée en tanins sont responsables de la transmission de la résistance à la grasserie. Cela confirme les observations de Keating et coll., (1988) qui ont rapporté que la teneur phénolique plus élevée et l'acidité plus élevée des feuilles de chêne tendent à diminuer l'infestation NPV chez le papillon zigzag, *Lymantria dispar* L. L'aggrégation des polyèdres inhibe l'activité virale chez le ver à soie et cela pourrait être dû à la dissolution plus lente des polyèdres, ce qui augmente le temps de libération des virions ou bien les substances botaniques pourraient avoir adhéré aux sites de reconnaissance virale ou cela pourrait avoir eu un effet sur d'autres processus responsables de l'infestation virale ou de la réplication chez l'hôte.

STUDIES ON MULTI-BIVOLTINE COCOON COOKING: INFLUENCE OF RETTING, PERMEATION, COOKING AND ADJUSTMENT TREATMENTS IN PAN COOKING ON WATER DIFFUSION IN COCOON SHELL

G. HARIRAJ¹*, HARUO KINOSHITA² & T.H. SOMASHEKAR¹

1. Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Bangalore- 68, India.
2. National Institute of Sericultural and Entomological Science, Okaya, Japan – 394.

Studies have been conducted to analyse the influence of temperature and duration of retting, permeation, cooking and adjustment treatments in pan system of cooking on the water diffusion in the different layers of the cocoon shell, by colouring the cooking water with dye solution. It was observed that the temperature and duration of retting (Single temperature), permeation (three temperature), cooking and adjustment treatments (Five temperature) had significant influence on the water diffusion in different layers of the cocoon shell. It was interesting to note that middle layers are stained less compared to outer and inner layers, which may be attributed to the faster capillary action of water to inside the cocoons due to pressure difference between outside and inside the cocoon shell depending upon retting treatment temperatures and duration. However compared to retting treatment, permeation treatment and cooking treatment significantly improved the staining of the middle layers. This may be attributed to the effective capillary action of water from outside to inside the cocoons due to pressure difference created by varying temperature treatment during permeation and cooking processes. Further it was observed from the correlation results that the cocoon layers are significantly different after retting treatments, which is because in single temperature treatment the cocoon layers are not properly wetted as observed by colour absorption by the layers. Whereas the three- temperature permeation treatment and five temperature cooking and adjustment treatments significantly influence the water diffusion in different layers of cocoon shell, which was observed by increased colour absorption by the layers. The study clearly indicates that, pan system of cooking using five temperature treatment soften the sericin more uniformly in different layers of the cocoon shell compared to single and three temperature treatment, thus facilitating better unwinding of cocoon filaments from the hot air dried multi-bivoltine cocoons, resulting in better yield and quality raw silk.

Keywords: Multibivoltine cocoons, pan cooking, water diffusion, Retting, Permeation, Cooking, Adjustment profiles, Colour absorption, Sericin.

INTRODUCTION

In order to allow the water to penetrate into the cocoon shell, the first step is to wet the cocoon shell, which is carried out by retting treatment. When cocoons are retted at a single temperature a pressure difference is created inside the cocoon due to expansion of air. This pressure difference leads to absorption of water by the cocoon through its shell. Thus the temperature and duration employed in the retting process influences this water absorption. During the permeation process after retting, water penetration takes place due to heating of cocoons and expansion of air inside the cocoons

* Author to whom correspondence may be addressed.

thereby creating a pressure difference inside the cocoons. This pressure difference leads to absorption of water by the cocoon through its shell. The temperature and duration employed in the permeation process influences this water absorption. The process of cooking consists of the following parts namely, retting part in which the cocoon shell are moistened with hot water, high temperature for permeation part in which air inside the cocoon is made to expand and pressure difference is created inside the cocoon, low temperature for permeation part in which the cocoons are suddenly treated at low temperature water, to make the cocoons suck water through its layers, cooking part in which water inside the cocoon is made to exit through the cocoon layers so that the inner cocoon layer sericin is softened effectively and adjustment part in which the temperature of water is gradually reduced to enable the cocoon to absorb maximum amount of water inside the cocoon. During the above operations the cocoon shell sericin is softened suitably so that the cocoon filament unwinds smoothly without any break in the reeling process.

Systematic studies have been conducted in Japan on the mechanism of water penetration in the cooking process (Shimazaki *et al.* 1952, 1961, 1962 and Kinoshita *et al.* 1982a). Further, the effect of single temperature treatment of cooking, on spreading of water in cocoon shell with respect to shell area of the bivoltine cocoons has been studied (Shimazaki, 1964). The effect of pre-treatment of the cocoon shell and its water diffusion in the shell layers has been studied [Shimazaki, (1966 and 1983) and Kinoshita *et al.*, (1982b)]. Katsuno (1969 and 1973) has studied the importance of pre-treatment process on water absorption and moisture content in the shell. Presently, multi-bivoltine cocoons are cooked using a single temperature treatment whereas hot air drying of these cocoons, leads to reduced water absorption by the cocoon shell. An attempt has been made, in the present work, to study the diffusion of water into the cocoon shell layers in respect of hot air dried multi-bivoltine cocoons after retting treatment, retting and permeation treatments, retting, permeation, cooking and adjustments treatments, by colouring the cooking water with dye solution.

MATERIALS AND METHODS

Raw material:

Commercially available multi-bivoltine cocoons (PM × NB4D2 race) reared in Karnataka state in India have been used for the study.

Drying conditions:

The cocoons were dried in Batch type hot air drier, following the temperature pattern of 130° C-120° C -110° C -100° C - 90° C for a period of 5 hours. The degree of drying achieved was 36 - 38 %.

Retting conditions:

The dried cocoons were retted in single temperature in pan system of cooking at 5 different levels i.e. , 30° C, 50° C, 70° C, 90° C and 97° C at 3 different durations of 1 minute, 3 minutes and 5 minutes.

Permeation conditions:

The dried cocoons were taken in a cage and then retted at 50°C for 1 minute in first pan of cooking. The retted cocoons were immediately treated at high permeation temperature of 80°C, 90°C and 97°C for 1 minute and 2 minutes duration in second pan of cooking followed by treatment at low permeation temperature of 60°C, 70°C and 80°C for 1-minute duration in third pan of pan system of cooking.

Cooking and adjustment conditions:

The dried cocoons were taken in a cage and then retted at 50° C for 1 minute in first pan of cooking. The retted cocoons were immediately treated at high permeation temperature of 90°C for 2 minutes duration in second pan of cooking followed by treatment at low permeation temperature of 60°C for 1 minute duration in the first pan of pan system of cooking. The retted and permeated cocoons were immediately treated at cooking temperature of 93°C, 95°C and 97°C for 2 minutes and 3 minutes duration in second pan of cooking followed by adjustment treatment by pouring cold water in second pan itself. After the cocoons were cooked, the cocoons were left in the same bath without steam supply for one minute. Then small quantity of water was added to the bath for one minute, to decrease the temperature from 93° to 90°C. The addition of water to the bath was increased gradually so that in a period of 2 minutes the temperature of water was reduced to 80°C, 70°C and 60°C. The cocoons were kept at the same temperature for one minute and then removed from the cooking bath for brushing. The total period of adjustment was thus 4 minutes and the cooking was carried in a pan system of cooking.

Experimental procedure:

A dye solution was prepared using an acid dye (Acidol grey SBL) having a concentration of 0.2 g/l. 300ml of the dye solution in each cooking bath and 50 cocoons were used for each test. The coloured water was heated up to the required level to cook the cocoons and 50 cocoons in a specially designed cage were dipped inside the water, to enable the coloured water to percolate into the cocoon layers. The stained cocoons were single cocoon reeled individually using an epprouvette in plain water maintained at 80°C. The floss layer was brushed and removed and samples of 100 meters silk filament reeled were collected separately. Also the pelade layers were collected separately. The samples of filament, floss and pelade layers were dried under ambient conditions before taken for further assessment [Kinoshita (1997)].

Data analysis:

The coloured layers were then measured for colour strength using chromafash colour matching system. The colour strength in terms of K/S values of floss layer is found initially and the colour percolation difference in each 100 meters and pelade layer were measured in the visible range of 400-700 nm using the Kubelka Munk equation.

$$K/S = (1 - R * 0.01)^2 / (2 * R * 0.01)$$

Where,

K = Absorption co-efficient

S = Scattering co-efficient

R = % Reflectance

Care has been taken to expose the samples to uniform lighting level. The data thus obtained were analysed statistically using SPSS package.

RESULTS AND DISCUSSIONS

I. Effect of retting treatments on colour absorption:

The analysis of variance results of colour absorbency in various cocoon shell layers presented in Table I showed that significant difference exists among retting temperature and retting duration of multi-bivoltine cocoons. The mean colour absorbency in the floss layer, silk filament layers and pelade layer of the multi-bivoltine cocoons treated with different retting temperature and duration in single temperature treatment are given in Figures 1 and 2. The overall average result of colour absorption due to retting treatments is given in Figure 3. The correlation results between the retting temperatures and durations on colour absorption in different cocoon layers are given in Table II.

a. Analysis of variance results of colour absorption characteristics after retting:

The analysis of variance results given in Table I showed that significant difference exists among retting temperatures and duration of retting on colour absorption in different layers of cocoon shell. The significant difference between the cocoons layers indicates that colour absorption is not uniform among the layers due to single temperature treatment. Interaction effect between retting temperature x retting duration was also found to be significant at 1 (%) level. The contribution ratio of retting temperature on colour absorbency were found to be between 75.6 (%) to 66.4 (%) while the middle layers (5th and 6th layers) showed 49.2(%) and 53.4(%) respectively. The contribution ratio of retting duration on colour absorbency was found to be between 4.34 (%) to 21.6(%). The contribution ratio of interaction effect between retting temperature x retting duration on colour absorbency was found to be between 1.82(%) to 8.80 (%).

Table I. Analysis of variance results of colour diffusion in cocoon layers treated with different retting temperatures and durations.

Tableau I. Résultats de l'analyse de variance pour la diffusion de la couleur dans les couches du cocon traité avec différentes températures et durées de rouissage.

Retting Conditions	Floss	Silk Layer1	Silk Layer2	Silk Layer3	Silk Layer4	Silk Layer5	Silk Layer 6	Silk Layer7	Pelade
Conditions de rouissage	Bourre	Couche de soie 1	Couche de soie 2	Couche de soie 3	Couche de soie 4	Couche de soie 5	Couche de soie 6	Couche de soie 7	Pélette
Temperature (A)									
F- Values	80.6**	72.9**	54.4**	60.6**	47.6**	33.4**	61.91**	110.1**	113.9**
Valeurs F									
C .R (%)	75.6	74.1	67.1	69.4	65.2	49.2	53.4	65.6	66.4
Duration (B) / Durée (B)									
F- Values	16.1**	9.43**	13.5**	12.7**	9.96**	22.1**	50.2**	61.7**	65.3**
Valeurs F									
C .R (%)	7.17	4.34	7.84	6.83	6.27	16.0	21.6	18.3	18.9
A x B									
F- Values	0.83	2.21*	1.73	1.93*	1.93*	3.26**	6.02**	5.16**	4.27**
Valeurs F									
C .R (%)	0	2.51	1.82	2.17	2.59	6.72	8.80	5.00	3.85

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

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

C .R (%) – Contribution ratio / Ratio de contribution.

b. Effect of retting treatments on colour absorbency:

From the results given in Figure 1 it could be observed that the colour absorbency of the layers are more in outer layers i.e., floss layer, 1st and 2nd layers and inner layers i.e., 7th, 8th and pelade layer. The middle layers i.e., 3rd to 6th absorb fewer colours during retting treatments selected for the study. This is attributed to faster penetration of water through middle layers while passing from outside to inside the cocoon shell.

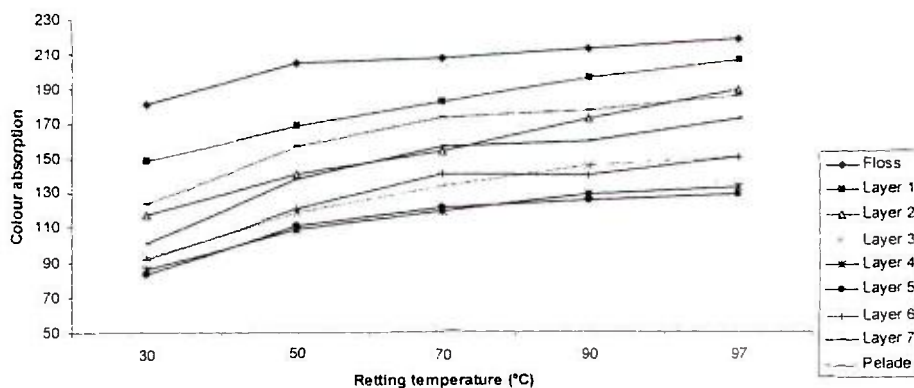


Fig. 1. Effect of retting temperatures on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 1. Effet des températures de rouissage sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse.

The results given in Figure 2 indicate the similar trend shown in retting temperature on retting duration also. Colour absorbency is found to be more in outer layers and inner layers compared to middle layers as seen from the K/S values. Thus from the results it is inferred that single temperature cooking of the cocoons does not soften the sericin in the middle layers which has lead to increased dropped cocoons due to filament breakage, whereas the floss layers and pelade layers are absorbing significantly more colour compared to the middle layers.

The interaction effect between the colour absorbency in different layers of cocoon shell and different temperature and duration of retting treatment is given in Figure 3. It could be observed from the results that for different retting temperatures and duration, the floss layer and initial 2 layers shows higher absorbency and the middle layers 3rd to 6th, shows a lowering of colour absorbency. However the innermost layers of 7th, 8th and the pelade layer shows once again higher colour absorbency. The reasons that could be attributed to this variation is that, the outer layers absorb more colours due the direct contact with the hot water during retting. The coloured water seems to diffuse inside the cocoon shell at high speed without wetting the middle layers. The permeated coloured water present inside the cavity of the cocoon wets the inner most layers and pelade layers as could be observed from better colour absorbency of inner layers compared to the middle layers. The standard deviation results also indicate that the variation between the different layers of the cocoon shell is uniform due to retting treatments. Kinoshita, (1997) has reported that Japanese bivoltine cocoons, when treated with varying retting temperatures and duration also gave the similar results.

Thus it could be inferred that for effective retting of the cocoons, the middle layers also should be softened to suitable extent, which could be achieved by varying the temperature profiles in cooking. Hence proper cooking will enable the cocoon to unravel the filaments uniformly without any break thereby improving the reeling efficiency and raw silk quality.

c. Correlation analysis results of colour absorption characteristics after retting:

The correlation results given in Table II showed that significant difference exists among different cocoon layers after retting treatments. Thus indicating that, all the layers of the cocoon shell have been treated to varying extent during different retting treatments. The studies conducted by Kinoshita (1997) for Japanese bivoltine cocoons match with this finding for the hot air dried multi-bivoltine cocoons though they are less compact in nature compared to Japanese bivoltine cocoons.

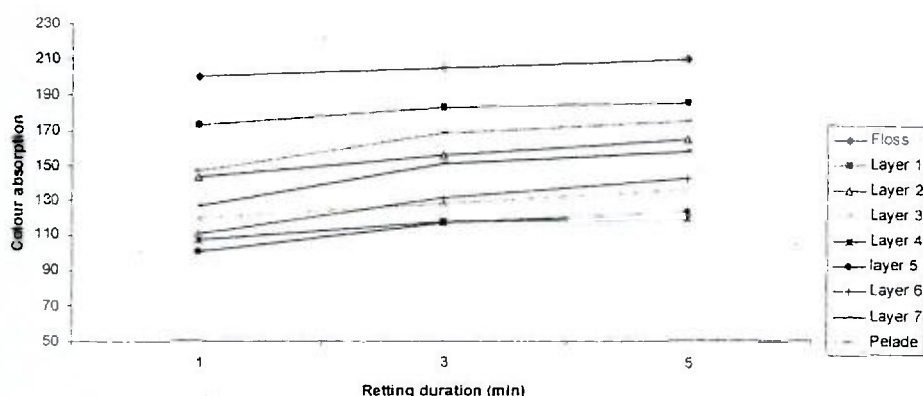


Fig. 2. Effect of retting duration on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 2. Effet de la durée de rouissage sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse.

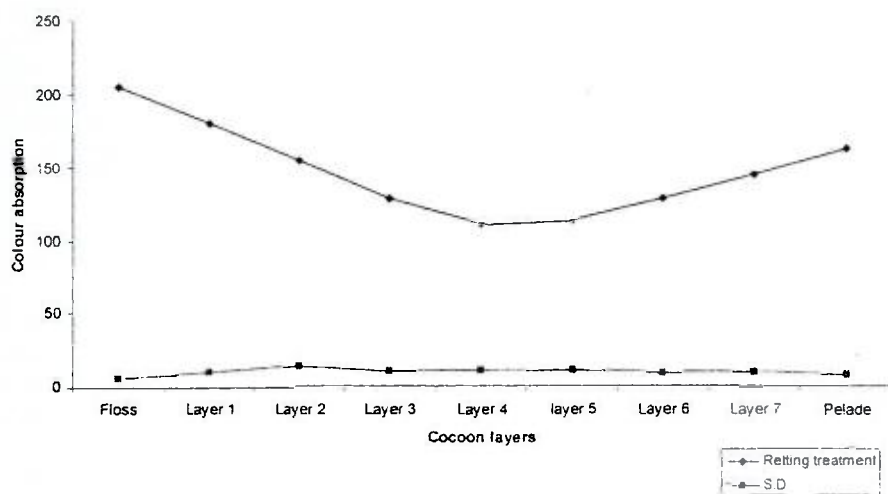


Fig. 3. Effect of retting treatment on colour absorption in different layers of multibivoltine cocoons.

Fig. 3. Effet du traitement de rouissage sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches des cocons polybivoltins.

II. Effect of retting and permeation treatments on colour absorption:

The analysis of variance results of various cocoon shell layers presented in Table III showed that significant difference exists among permeation temperatures and duration on cocoon layers of multi-bivoltine cocoons. The mean colour absorbency in the floss layer, silk filament layers and pelade layer of the multi-bivoltine cocoons treated with different high permeation temperature, low permeation temperature and high permeation duration in three temperature treatment are given in Figures 4 to 6. The overall average result of colour absorption due to permeation treatments is given in Figure 7. The correlation results between the permeation temperatures and durations on colour absorption in different cocoon layers are given in Table IV.

Table II. Correlation matrix of colour diffusion in cocoon layers treated with different retting temperatures and durations.**Tableau II. Matrice de corrélation de la diffusion de la couleur dans les couches du cocon traité avec différentes températures et durées de rouissage.**

	Floss	Silk Layer 1	Silk Layer 2	Silk Layer 3	Silk Layer 4	Silk Layer 5	Silk Layer 6	Silk Layer 7	Pelade
	<i>Bourre</i>	<i>Couche De soie 1</i>	<i>Couche de soie 2</i>	<i>Couche de soie 3</i>	<i>Couche de soie 4</i>	<i>Couche de soie 5</i>	<i>Couche de soie 6</i>	<i>Couche de soie 7</i>	<i>Pélette</i>
Floss / <i>Bourre</i>	1.000								
Silk layer 1	0.793**	1.000							
<i>Couche de soie 1</i>									
Silk layer 2	0.813**	0.902**	1.000						
<i>Couche de soie 2</i>									
Silk layer 3	0.826**	0.871**	0.931**	1.000					
<i>Couche de soie 3</i>									
Silk layer 4	0.791**	0.862**	0.874**	0.939**	1.000				
<i>Couche de soie 4</i>									
Silk layer 5	0.705**	0.743**	0.727**	0.789**	0.947**	1.000			
<i>Couche de soie 5</i>									
Silk layer 6	0.731**	0.765**	0.731**	0.775**	0.795**	0.927**	1.000		
<i>Couche de soie 6</i>									
Silk layer 7	0.810**	0.822**	0.773**	0.816**	0.840**	0.903**	0.953**	1.000	
<i>Couche de soie 7</i>									
Pelade layer	0.833**	0.853**	0.871**	0.849**	0.864**	0.864**	0.859**	0.867**	1.000
<i>Couche de pélette</i>									

** - Correlation significant at 0.01 level (2-tailed). / *Corrélation significative au seuil de 0,01.***d. Analysis of variance results of colour absorption characteristics after permeation:**

The analysis of variance results given in Table III showed that significant difference exists among high permeation temperature and low permeation temperature on colour absorption in different layers of cocoon shell at 1(%) and 5(%) levels. The high permeation duration has shown significant influence on 2nd to 6th layers of cocoon shell due to permeation treatments. This indicates that colour absorption is not uniform among the middle layers even after three temperature treatments. Interaction effect between high permeation temperature x low permeation temperature and high permeation temperature x high permeation duration were found to be significant at 1(%) level in the floss layer, middle layers and pelade layer. In case of low permeation temperature x high permeation duration except floss layers other layers did not show any difference in the colour absorbed in the cocoon layers. The contribution ratio of high permeation temperature on colour absorbency was found to be more in the middle layers i.e., between 28.56(%) to 46.0(%) while the floss layer showed only 2.37(%). The contribution ratio of low permeation temperature on colour absorbency was found to be between 4.12(%) to 14.06(%). The contribution ratio of high permeation duration and the interaction effects on colour absorbency were found to be quite less indicating that high permeation temperature and low permeation temperature are more significant factors determining the cooking effect on the multi-bivoltine cocoons.

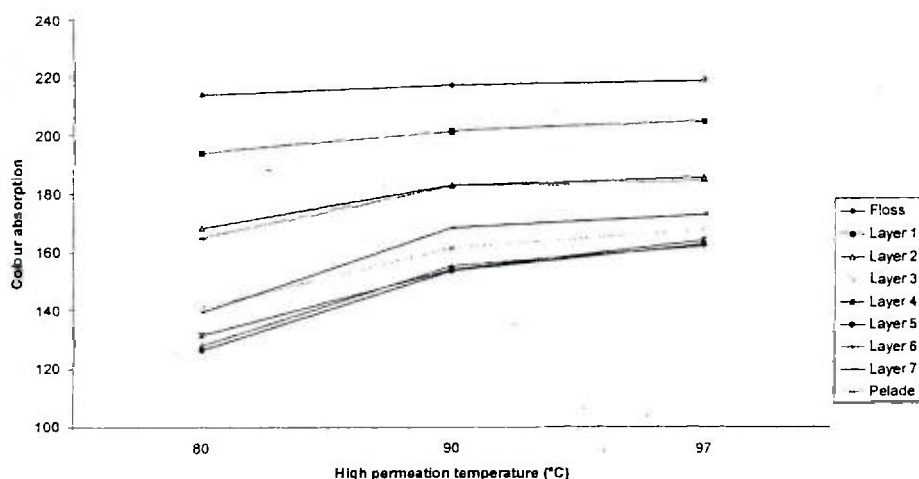


Fig. 4. Effect of high permeation temperatures on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 4. Effet des températures d'imprégnation élevées sur l'absorption de la couleur dans différentes couches de la coque soyeuse.

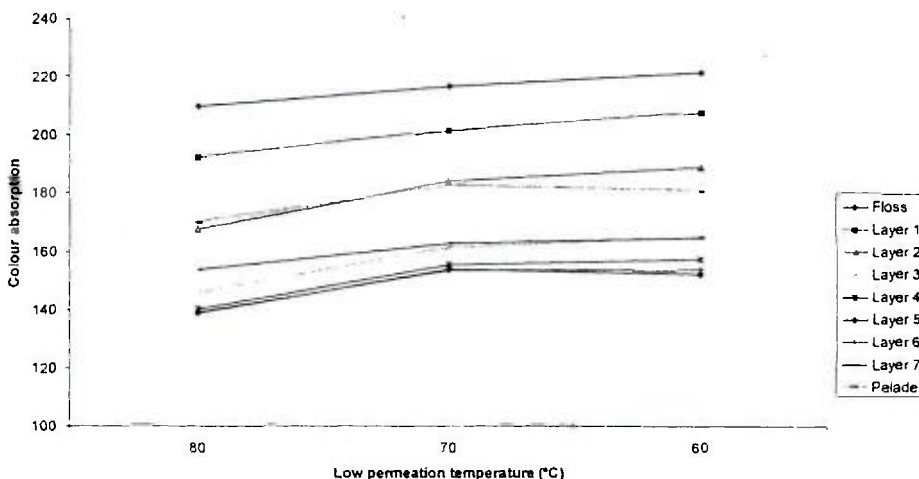


Fig. 5. Effect of low permeation temperature on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 5. Effet des faibles températures d'imprégnation sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse.

e. Effect of permeation treatments on colour absorbency:

The influence of high permeation temperature, low permeation temperature and high permeation duration (Figures 4 to 6) indicates that the colour absorbency is more in the outer layers i.e., floss layer, 1st and 2nd layers and inner layers i.e., 7th, 8th and pelade layer. The middle layers i. e., 3rd to

6th absorb fewer colours during permeation treatments selected for the study. However, it is interesting to note that colour absorbency values are quite higher than the single temperature treatment, thus indicating that the middle layers are softened more compared to single temperature treatments. Further, the Figures indicate that the colour absorbency after treating the multi-bivoltine cocoons at high permeation temperature of 90°C to 97°C, low permeation temperature of 60°C to 70°C and high permeation duration 2 minutes has yielded better results compared to other temperatures used in the study.

Table III. Analysis of variance results of colour diffusion in cocoon layers treated with different permeation temperatures and durations.

Tableau III. Résultats de l'analyse de variance de la diffusion de la couleur dans les couches de cocon traité avec différentes températures et durées d'imprégnation.

Permeation conditions	Floss	Silk Layer1	Silk Layer2	Silk Layer3	Silk Layer4	Silk Layer5	Silk Layer 6	Silk Layer7	Pelade
Conditions d'imprégnation	Bourre	Couche de soie 1	Couche de soie 2	Couche de soie 3	Couche de soie 4	Couche de soie 5	Couche de soie 6	Couche de soie 7	Pélette
High permeation temperature (A) <i>Température d'imprégnation élevée (A)</i>									
F- Values	3.192*	5.353**	7.475**	28.34**	57.29**	77.02**	83.47**	62.40**	14.46**
C.R (%)	2.37	6.73	9.37	28.56	43.88	46.0	44.65	44.23	21.27
Low permeation temperature (B) <i>Température d'imprégnation basse (B)</i>									
F- Values	13.66**	10.09**	9.650**	7.797**	7.436**	11.11**	13.82**	6.717**	3.584*
C.R (%)	13.69	14.06	12.52	7.10	5.02	6.12	6.94	4.12	4.09
High permeation duration (C) <i>Longue durée d'imprégnation (C)</i>									
F- Values	2.157	1.203	12.15**	10.72**	5.598**	5.408**	8.859**	0.911	1.205
C.R (%)	0.62	0.16	8.07	5.08	1.79	1.33	2.13	0	0.16
A × B									
F- Values	3.572**	1.872	1.328	5.688**	8.944**	12.37**	10.07**	6.565**	2.398
Valeurs - F									
C.R (%)	5.56	2.70	0.95	9.79	12.39	13.76	9.82	8.02	4.42
A × C									
F- Values	4.212**	1.480	1.321	2.143	2.214	3.917**	9.731**	8.071**	4.443**
C.R (%)	3.47	0.74	0.46	1.19	0.95	1.77	4.73	5.09	5.44
B × C									
F- Values	23.43**	9.309**	0.347	0.889	2.442	0.220	0.218	0.463	0.636
C.R (%)	24.25	12.85	0	0	1.12	0	0	0	0

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

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

C.R (%) – Contribution ratio / *Ratio de contribution.*

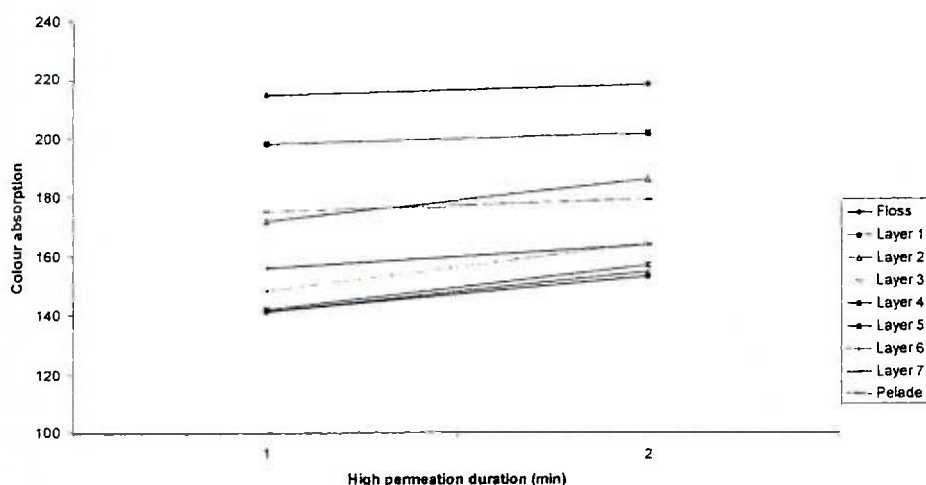


Fig. 6. Effect of low permeation temperatures on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 6. Effet des basses températures d'imprégnation sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse.

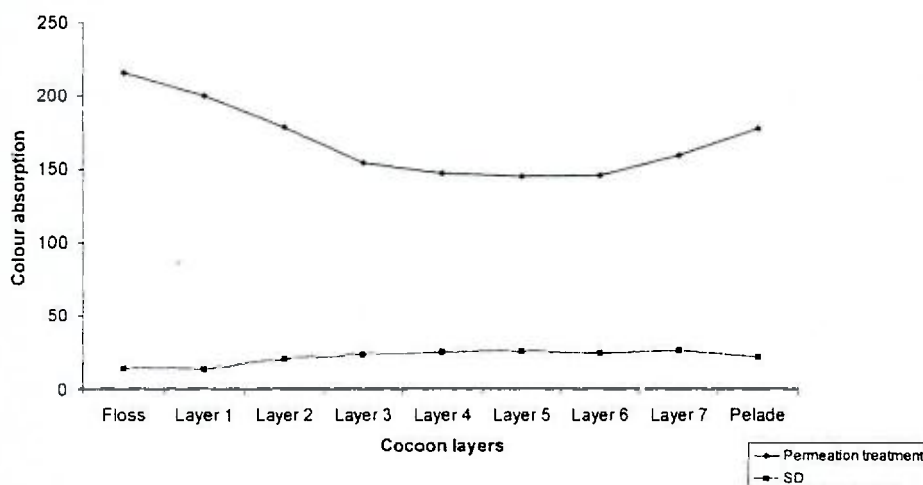


Fig. 7. Effect of permeation treatment on colour absorption in different layers of multivoltine cocoons

Fig. 7. Effet des traitements d'imprégnation sur l'absorption de la couleur dans différentes couches de cocons polyvoltins.

The results given in Figure 7 show the overall influence of high permeation temperature, low permeation temperature and high permeation duration on colour absorbency. Colour absorbency is found to be more in outer layers and inner layers compared to middle layers as seen from the K/S values. However, the average colour absorbency of middle layers has been increased from 110 to 150. This is because higher the high permeation temperature, the air inside the cocoons expands and allows it to escape through the shell layers. The pressure difference created from inside to outside of the cocoons allows the water to diffuse into the cocoon layers. Thus from the results it is inferred that

compared to single temperature cooking the three temperature cooking treatments soften the sericin in the middle layers which has lead to improved reeling performance of multi-bivoltine cocoons. Further, the three temperature treatments has uniformly coloured the middle layers. This may be attributed to the loose shell structure of Indian multi-bivoltine cocoons. That is since the cocoon shell is more permeable to air; water easily penetrates inside the cocoon shell at three temperature treatments. The results obtained in this study confirms with the Shimazaki (1962), who studied the variability in the permeation effect of the cocoon shell and found that in cocoon shell middle layers the water absorption is less compared to outer and inner layers. In order to reduce the variability in the permeation treatment, during high and low temperature for permeation treatments water absorption should be increased (i.e. maximum water should be made to penetrate) which was observed. Hence the permeation treatments further improve the cooking efficiency of the Indian multi-bivoltine cocoons.

f. Correlation analysis results of colour absorption characteristics after permeation:

The correlation results given in Table IV showed that significant difference exists among different cocoon layers after permeation treatments. Thus indicating that, all the layers of the cocoon shell have been treated to varying extent during different retting followed by permeation treatments. Though there is still difference exists between the cocoon layers, the correlation coefficients are lower compared to single temperature treatments.

Table IV. Correlation matrix of colour diffusion in cocoon layers treated with different permeation temperatures and durations.

Tableau IV. Matrice de corrélation pour la diffusion de la couleur dans les couches du cocon traité avec différentes températures et durées d'imprégnation.

	Floss	Silk Layer1	Silk Layer2	Silk Layer3	Silk Layer4	Silk Layer 5	Silk Layer 6	Silk Layer7	Pelade
	<i>Bourre</i>	<i>Couche De soie 1</i>	<i>Couche de soie2</i>	<i>Couche de soie 3</i>	<i>Couche de soie 4</i>	<i>Couche de soie 5</i>	<i>Couche de soie 6</i>	<i>Couche de soie 7</i>	<i>Pélette</i>
Floss / Bourre	1.000								
Silk layer 1	0.517**	1.000							
Couche de soie 1									
Silk layer 2	0.339**	0.703**	1.000						
Couche de soie 2									
Silk layer 3	0.301**	0.561**	0.816**	1.000					
Couche de soie 3									
Silk layer 4	0.305**	0.512**	0.700**	0.928**	1.000				
Couche de soie 4									
Silk layer 5	0.250*	0.425**	0.595**	0.849**	0.939**	1.000			
Couche de soie 5									
Silk layer 6	0.262*	0.364**	0.482**	0.730**	0.849**	0.930**	1.000		
Couche de soie 6									
Silk layer 7	0.215*	0.252*	0.236*	0.512**	0.663**	0.754**	0.885**	1.000	
Couche de soie 7									
Pelade layer									
Couche de pélette	0.196	0.262*	0.203	0.461**	0.560**	0.622**	0.677**	0.749**	1.000

** - Correlation significant at 0.01 level (2-tailed). / *Corrélation significative au seuil de 0,01.*

* - Correlation significant at 0.05 level (2-tailed). / *Corrélation significative au seuil de 0,05.*

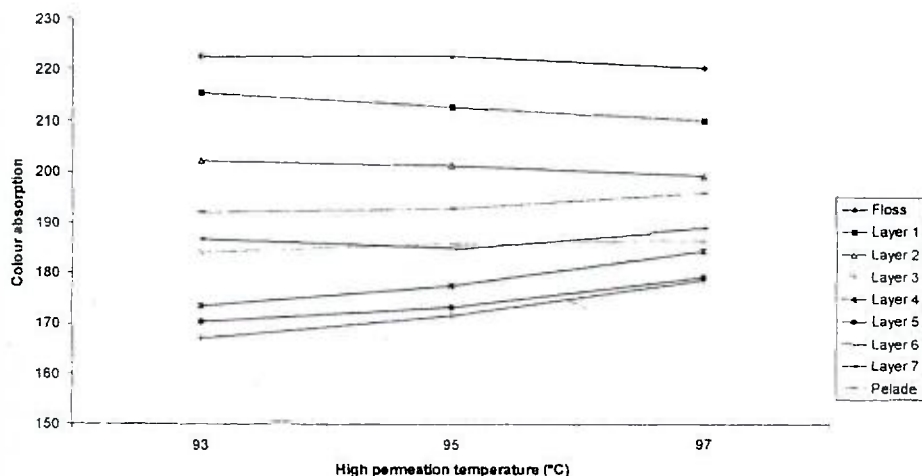


Fig. 8. Effect of cooking temperatures on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 8. Effet des températures de cuisson sur l'absorption de la couleur dans différentes couches de la coque soyeuse.

III. Effect of retting, permeation, cooking and adjustment treatments on colour absorption:

The analysis of variance results of various cocoon shell layers presented in Table V showed that significant difference exists among cooking temperatures, duration, and adjustment temperature profiles of multi-bivoltine cocoons. The mean colour absorbency in the floss layer, silk filament layers and pelade layer of the multi-bivoltine cocoons treated with different cooking temperature, adjustment temperature and cooking duration in five temperature treatment are given in Figure 8 to 10. The overall average result of colour absorption due to permeation treatments is given in Figure 11. The correlation results between the cooking and adjustment temperatures and duration on colour absorption in different cocoon layers are given in Table VI.

g. Analysis of variance results of colour absorption characteristics after cooking:

The analysis of variance results given in Table V showed that significant difference exists among cooking temperature on colour absorption in floss layer, silk layers of 3rd to 6th layers at 1(%) level, whereas the adjustment temperature profiles showed significant difference of colour absorption in first and 4th layer of cocoon shell at 1(%) and 5(%) levels respectively. The cooking duration has showed significant influence on colour absorbency in the pelade, 1st, 2nd, 7th and pelade layers at 1(%) significant level. However, the interaction effects of cooking temperature x adjustment temperature profiles, cooking temperature x cooking duration, and cooking duration x adjustment temperature profiles have significant effect at 1(%) level on all layers of cocoon shell as could be observed from the colour absorbency results. The contribution ratio of cooking temperature, adjustment temperature profiles and cooking duration on colour absorbency were found to be quite less whereas the interactions has shown significantly more values up to 41.55(%). Particularly the middle layers have shown more contribution ratio indicating that there is difference in colour absorption between the outer and inner layers with middle layers.

h. Effect of cooking and adjustment treatments on colour absorbency after cooking:

The influence of cooking temperature, adjustment temperature profiles and cooking duration (Figures 8 to 10) indicates that the colour absorbency is more in the outer layers i.e., floss layer, 1st, 2nd and 3rd layers and inner layers i.e., 7th, 8th and pelade layer. The middle layers i.e., 4th to 6th absorb comparatively fewer colours during cooking and adjustment treatments selected for the study. However, it is interesting to note that colour absorbency values are quite higher than the single and

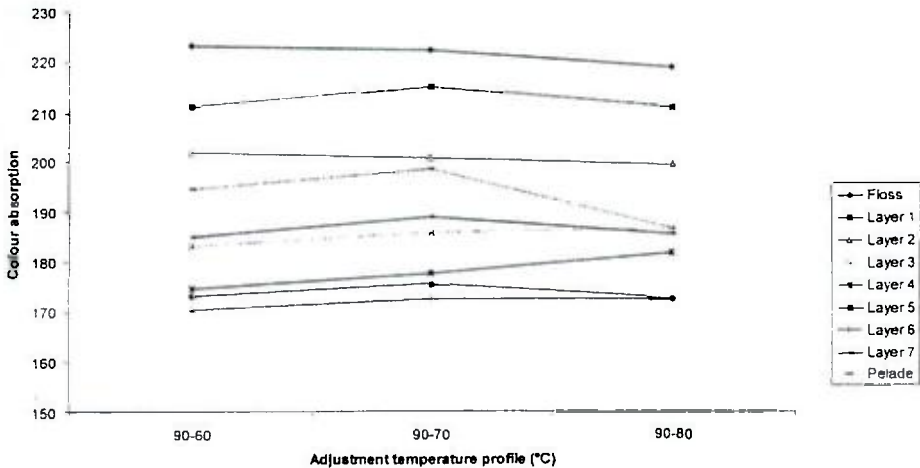


Fig. 9. Effect of adjustment temperatures on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 9. Effet des températures d'ajustement sur l'absorption de la couleur dans différentes couches de la coque soyeuse.

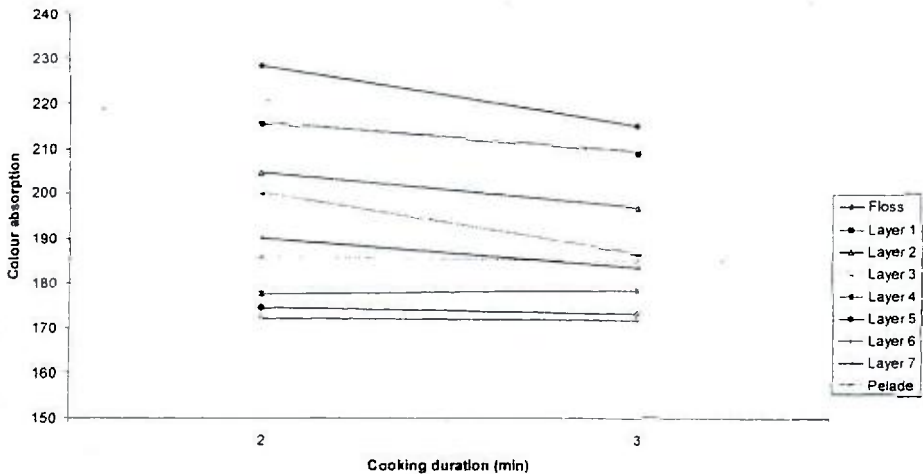


Fig. 10. Effect of cooking duration on colour absorption in different layers of cocoon shell.

Fig. 10. Effet de la durée de cuisson sur l'absorption de la couleur dans différentes couches de la coque soyeuse.

three temperature treatments, thus indicating that the middle layers are softened uniformly compared to single and three temperature treatments. Further, the Figures indicates that the colour absorbency after treating the multi-bivoltine cocoons at cooking temperature of 95°C to 97°C, adjustment temperature profile of 90°-60°C and cooking duration 2 minutes has yielded better results compared to other temperatures used in the study.

The results given in Figure 11 show the overall influence of cooking temperature, adjustment temperature profile and cooking duration on colour absorbency. Compared to retting and permeation studies, the colour absorbency is increased in all the layers clearly predicting that the water permeation is improved in five-temperature treatment, thus softening the sericin layers effectively. The average colour absorbency of middle layers has been increased from 110 to 172 (K/S values) from single to five temperature treatments and from 150 to 172 (K/S values) between three and five temperature treatments. This may be attributed to the fact that after complete cooking of multi-bivoltine cocoons, maximum water penetrates inside the cocoons due to shell structure of the cocoons. Further it could be observed that all the layers showed more colour absorption in all the five temperature treatments selected in the study. This is attributed to uniform penetration of water through all the layers while passing from outside to inside and inside to outside the cocoon shell, which is achieved by pressure difference created by varying temperature treatment in cooking process.

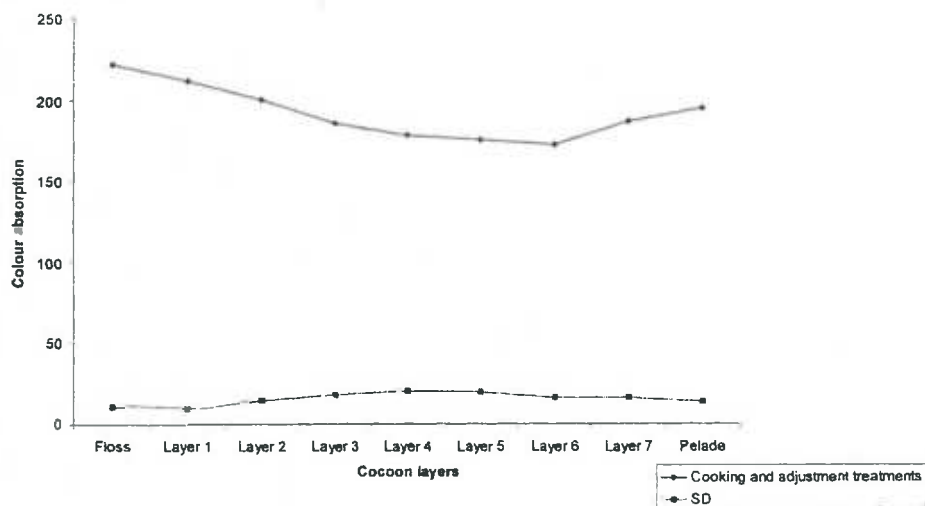


Fig. 11. Effect of cooking and adjustment treatments on colour in different layers of multibivoltine cocoons.

Fig. 11. Effet des traitements de cuisson et d'ajustement sur la couleur dans différentes couches chez les cocons polybivoltins.

Colour absorbency is found to decrease in all the layers of the cocoon shell, as the high temperature for cooking duration increased. At 3 minutes treatment colour absorbency is low as seen from the K/S values. Further it was observed that there is no significant difference in colour absorbency in all the layers of the cocoon shell. Figure 3 show the influence of cooking duration on colour absorbency, which indicated that 2 minutes, treatment gives better absorbency in the cocoon shell layers. The reason attributed to this is at higher cooking durations air is trapped inside the cocoons due to entry suction phenomenon and water penetration is reduced. Table V. Analysis of variance results of colour diffusion in cocoon layers treated with different cooking temperatures and durations and adjustment temperature profiles.

Table V. Analysis of variance results of colour diffusion in cocoon layers treated with different cooking temperatures and durations and adjustment temperature profiles.

Tableau V. Résultats de l'analyse de variance pour la diffusion de la couleur dans les couches de cocons traités avec des températures, des durées de cuisson et des profils d'ajustement de température différents.

Cooking conditions	Floss	Silk Layer 1	Silk Layer 2	Silk Layer 3	Silk Layer 4	Silk Layer 5	Silk Layer 6	Silk Layer 7	Pelade
Conditions de cuisson	Bourre	Couche de soie 1	Couche de soie 2	Couche de soie 3	Couche de soie 4	Couche de soie 5	Couche de soie 6	Couche de soie 7	Pélette
Cooking temperature (A)									
<i>Température de cuisson (A)</i>									
F- Values	0.641**	1.083	0.145	3.304*	18.23**	14.17**	13.04**	2.274	0.061
C.R (%)	0	0.14	0	2.24	10.20	8.39	12.27	2.38	0
Adjustment temperature (B)									
<i>Température d'ajustement (B)</i>									
F- Values	1.088	4.233**	0.335	1.430	4.371*	1.309	0.823	0.532	0.259
C.R (%)	0.14	5.57	0	0.42	1.99	0.20	0	0	0
Cooking duration (C)									
<i>Durée de cuisson (C)</i>									
F- Values	40.96**	21.44**	9.425**	0.001	0.501	0.684	0.100	3.295*	22.86**
Valeurs F									
C.R (%)	31.61	17.60	5.93	0	0	0	0	2.15	19.11
A × B									
F- Values	16.1**	9.43**	13.5**	12.7**	9.96**	22.1**	50.2**	61.7**	65.3**
Valeurs F									
C.R (%)	0.84	0.10	9.68	34.99	41.55	37.87	24.32	5.47	9.10
A × C									
F- Values	16.1**	9.43**	13.5**	12.7**	9.96**	22.1**	50.2**	61.7**	65.3**
Valeurs - F									
C.R (%)	0	0.85	16.61	10.31	6.69	6.73	3.69	5.38	5.71
B × C									
F- Values	16.1**	9.43**	13.5**	12.7**	9.96**	22.1**	50.2**	61.7**	65.3**
Valeurs - F									
C.R (%)	0	0	7.26	9.39	13.38	18.58	15.01	2.31	0.42

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

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

C.R (%) – Contribution ratio / *Ratio de contribution.*

The results obtained in this study confirms that of Kinoshita, (1997), who studied the variability in the wetting of the cocoon shell and found that in cocoon shell middle layers the water absorption could be increased by proper cooking treatments. In order to reduce the variability in the wetting of all the shell layers, complete cooking process consisting of retting treatment, high permeation temperature treatment, low permeation temperature treatment, cooking temperature treatment and adjustment temperature profile treatment should be adopted so that uniform softening of sericin in all

the layers is achieved with improved productivity and quality of raw silk from multi-bivoltine cocoons.

i. Correlation analysis results of colour absorption characteristics after cooking:

The correlation results given in Table VI showed that significant difference exists among middle layers after cooking and adjustment treatments also. The colour absorbency in floss layer, 1st layer, 2nd layer and pelade layer are related. Silk layer 2 has relation with 3 to 5. Similarly, silk layers 3rd to 7th are mutually related. Pelade layer has significant relation with floss, 6th and 7th layers. Thus indicating that, even though five-temperature treatment of complete cooking significantly colours all the layers of the cocoon shell, some variation in colour between the layers was found. The correlation coefficients have quite low values in the outer and inner layers compared to middle layers. However, compared to single temperature and three temperature treatments, the five temperature cooking has uniformly coloured the layers indicating that the cocoons have been softened to suitable extent to unwind the filaments during reeling process. The studies conducted by Kinoshita (1997) for Japanese bivoltine cocoons match with this finding for the hot air dried multi-bivoltine cocoons though they are less compact in nature compared to Japanese bivoltine cocoons.

Table VI. Correlation matrix of colour diffusion in cocoon layers treated with different cooking temperatures and durations and adjustment temperature profiles.

Tableau VI. Matrice de corrélation pour la diffusion de la couleur dans les couches de cocons traités avec des températures, des durées et des profils de température d'ajustement différents.

	Floss	Silk Layer 1	Silk Layer 2	Silk Layer 3	Silk Layer 4	Silk Layer 5	Silk Layer 6	Silk Layer 7	Pelade
	<i>Bourre</i>	<i>Couche de soie 1</i>	<i>Couche de soie 2</i>	<i>Couche de soie 3</i>	<i>Couche de soie 4</i>	<i>Couche de soie 5</i>	<i>Couche de soie 6</i>	<i>Couche de soie 7</i>	<i>Pélette</i>
Floss	1.000								
<i>Bourre</i>									
Silk layer 1	0.397**	1.000							
<i>Couche de soie 1</i>									
Silk layer 2	0.229*	0.444**	1.000						
<i>Couche de soie 2</i>									
Silk layer 3	0.045	0.166	0.772**	1.000					
<i>Couche de soie 3</i>									
Silk layer 4	0.002	0.035	0.613**	0.670**	1.000				
<i>Couche de soie 4</i>									
Silk layer 5	0.015	0.065	0.483**	0.745**	0.883**	1.000			
<i>Couche de soie 5</i>									
Silk layer 6	0.055	0.012	0.284	0.543**	0.750**	0.838**	1.000		
<i>Couche de soie 6</i>									
Silk layer 7	0.063	0.054	0.087	0.230*	0.394**	0.519**	0.664**	1.000	
<i>Couche de soie 7</i>									
Pelade layer	0.383**	0.198	0.075	0.018	0.097	0.223	0.260*	0.455**	1.00
<i>Couche de pélette</i>									

CONCLUSION

From the above studies, it is inferred that retting temperature and duration treatments wet the outer and inner layers of the cocoons shell more, but still the middle layers are not wetted (3rd to 6th layer) to the desired level, which points out that single pan cooking followed in India, is not suitable for hot air dried multi-bivoltine cocoons. The correlations between the different cocoon layers indicate that the layers are wetted to different extent during single temperature retting treatment. The high permeation temperature of 90° - 95°C for 2 minutes duration and low permeation temperature of 60°-70°C makes the water permeate effectively into the shell layers. Further at very high permeation temperature of 97° C colour absorbency is more but lead to over softening of the sericin in the cocoon shell. The cooking temperature of 95°C for 2 minutes duration and adjustment temperature profile of 93-60°C permeate the water effectively into the shell layers. In order to achieve uniform wetting in all the layers of the cocoon shell it is essential to adopt a proper cooking methodology with a suitable temperature profile so that all the layers of the cocoon shell are softened uniformly and better reeling performance and quality raw silk from hot air dried multi-bivoltine cocoons could be achieved.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to reeling section staff of CSTRI, for their cooperation while conducting the study.

REFERENCES:

- KATSUNO. M. (1969) "The effect of pre-treatment temperature and time before cooking on cocoon shell moisture and its variability", *Journal of sericultural science institute*, Vol. 17, pp. 20-26.
- KATSUNO. M. (1973) "The cocoon shell water absorption based on low pressure permeation treatment", *Journal of sericultural science institute*, Vol. 22, pp. 51-60.
- KINOSHITA H. KUSAMA T. KOIKE R. (1982a) "Studies related to cocoon pre-treatment before cooking", *Filature and silk conference report*, Vol. 32, pp. 10-13.
- KINOSHITA H. KUSAMA T. KOIKE R. (1982b) "Effectiveness of pretreatment on steam cooking with respect to moisture content" *Bull. Nagano Pref. Textile Experiment Station report*, Vol. 56, pp. 32-35
- KINOSHITA H. (1997) "Development of the optimum control method of cooking by the application of expert system", *Bulletin of the National institute of sericultural and entomological science*, No.19, Oct., pp.13-20
- SHIMAZAKI A. YOSHIKAWA INESAN (1952)" "The influence of temperature and time in cooking treatment process", *J.Silk.Sci.Tech.Japan*, Vol. 2, pp.63-65.
- SHIMAZAKI A. SEKIJIMA (1961) "Study on pre-treatment of cocoon cooking I. Soaking temperature, time, volume and cocoon shell moisture percentage", *J.Silk.Sci.Tech.Japan*, Vol.11, pp.1-8.
- SHIMAZAKI A. YAMAMOTO A. (1962) "Study on pre-treatment of cocoon cooking II. Soaking treatment and cocoon shell permeability", *J.Silk.Sci.Tech.Japan*, Vol.12, pp.4-7
- SHIMAZAKI A. (1964) "Filature technology lecture", Published by sericultural association, Tokyo, 89.
- SHIMAZAKI. A. KONO. UCHIDA. SAITO. (1966) "Analysis of cocoon cooking trend in cocoon cooking process I. Features of light and heavy permeation treatment and steam cooking", Paper presented during the Filature and silk conference, Vol. 16, pp. 54-57.
- SHIMAZAKI. A. (1983) "Subject task force of future reeling technology", Paper presented in Filature summer seminar - Report, Vol. 36, pp. 43-62.

ETUDES SUR LA CUISSON DES COCONS POLYBIVOLTINS : INFLUENCE DES TRAITEMENTS DE ROUISSAGE, D'IMPREGNATION, DE CUISSON ET D'AJUSTEMENT DANS LA CUISSON A LA BASSINE SUR LA DIFFUSION DE L'EAU DANS LA COQUE SOYEUSE

G. HARIRAJ^{1*}, HARUO KINOSHITA² & T. H. SOMASHEKAR¹

1. Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Bangalore – 68, Inde.

2. National Institute of Sericultural and Entomological Science, Okaya, Japon 394.

Nous avons réalisé des études pour analyser l'influence de la température et de la durée des traitements de rouissage, de cuisson et d'ajustement avec le système de cuisson à la bassine sur la diffusion de l'eau dans les différentes couches de la coque soyeuse, en colorant l'eau de cuisson avec une solution teintée. On observe que la température et la durée de rouissage (température unique), les traitements d'impregnation (trois températures), de cuisson et d'ajustement (cinq températures) ont une influence significative sur la diffusion de l'eau dans les différentes couches de la coque soyeuse. Il est intéressant de noter que les couches du milieu sont moins colorées par comparaison aux couches externes et internes, ce qui pourrait être attribué à l'action capillaire plus rapide de l'eau à l'intérieur des cocons en raison de la différence de pression entre l'extérieur et l'intérieur de la coque soyeuse en fonction des températures et durées du traitement de rouissage. Cependant, par comparaison au traitement de rouissage, le traitement d'impregnation et le traitement de cuisson améliorent considérablement la coloration des couches du milieu. Cela pourrait être attribué à l'action capillaire efficace de l'eau de l'extérieur à l'intérieur des cocons en raison de la différence de pression créée par le traitement de températures variées pendant les processus d'impregnation et de cuisson. De plus, on observe d'après les résultats de corrélation qu'il existe des différences significatives entre les couches du cocon après les traitements de rouissage, car avec le traitement à température unique, les couches du cocon ne sont pas correctement humidifiées. Tandis que le traitement d'impregnation avec trois températures et les traitements de cuisson et d'ajustement avec cinq températures influencent considérablement la diffusion de l'eau dans les différentes couches de la coque soyeuse, comme le montre l'augmentation de l'absorption de la couleur par les couches. L'étude indique clairement que, le système de cuisson à la bassine en utilisant un traitement de cinq températures amollit la séricine de manière plus uniforme dans les différents couches de la coque soyeuse par comparaison au traitement à température unique à trois températures, ce qui facilite le meilleur déroulement des filaments de cocon provenant de cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud, ce qui entraîne un meilleur rendement et une soie grège de qualité.

INTRODUCTION

Pour laisser l'eau pénétrer dans la coque soyeuse, la première étape consiste à humidifier la coque soyeuse, ce qui se produit pendant le traitement de rouissage. Quand on rouit les cocons à une température unique, il se crée une différence de pression à l'intérieur du cocon en raison de la dilatation de l'air. Cette différence de pression entraîne l'absorption de l'eau dans le cocon par sa coque. La température et la durée utilisées pendant le processus de rouissage influencent l'absorption de l'eau. Pendant le processus d'impregnation après le rouissage, l'eau pénètre car les cocons sont chauffés et

il se produit une dilatation de l'air à l'intérieur des cocons ce qui crée donc une différence de pression à l'intérieur des cocons. Cette différence de pression entraîne l'absorption de l'eau dans le cocon par sa coque. La température et la durée employées pendant le processus d'imprégnation influencent l'absorption de l'eau. Le processus de cuisson est constitué des parties suivantes à savoir, la partie rouissage pendant laquelle la coque soyeuse est humidifiée avec de l'eau chaude, la température élevée pendant la partie imprégnation au cours de laquelle l'air à l'intérieur du cocon se dilate, ce qui crée une différence de pression dans le cocon, la température basse pendant la partie de l'imprégnation pendant laquelle les cocons sont soudainement traités avec une eau à basse température, pour que les cocons absorbent l'eau par leurs couches, la partie cuisson pendant laquelle l'eau à l'intérieur du cocon sort par les couches du cocon, de sorte que la couche interne de sérécine du cocon ramollit efficacement et la partie ajustement pendant laquelle la température de l'eau diminue progressivement pour permettre au cocon d'absorber la quantité maximum d'eau à l'intérieur du cocon. Pendant les opérations ci-dessus, la sérécine de la coque soyeuse ramollit convenablement de sorte que le filament du cocon se déroule facilement sans rupture pendant le processus de dévidage.

Des études systématiques ont été réalisées au Japon sur le mécanisme de la pénétration de l'eau pendant le processus de cuisson (Shimazaki et coll., 1952, 1961, 1962 et Kinoshita et coll., 1982a). De plus, on a étudié l'effet du traitement de cuisson à une température unique, sur la diffusion de l'eau dans la coque soyeuse par rapport à la surface de la coque des cocons bivoltins (Shimazaki, 1964). On a étudié l'effet du pre-traitement de la coque soyeuse et la diffusion de l'eau dans les couches de la coque [Shimazaki, (1966 et 1983) et Kinoshita et coll., (1982b)]. Katsuno (1969 et 1973) a étudié l'importance du processus de pre-traitement sur l'absorption de l'eau et la teneur en humidité de la coque. A l'heure actuelle, on cuit les cocons poly-bivoltins en utilisant un traitement à température unique tandis que le séchage de ces cocons à l'air chaud, entraîne une diminution de l'absorption de l'eau par la coque soyeuse. On a essayé dans ce travail d'étudier la diffusion de l'eau dans les couches de la coque soyeuse chez les cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud après le traitement de rouissage, les traitements de rouissage et d'imprégnation, les traitements de rouissage, d'imprégnation, de cuisson et d'ajustement en colorant l'eau de cuisson avec un colorant.

MATERIELS ET METHODES

Matière première :

Pour l'étude, nous utilisons des cocons poly-bivoltins disponibles commercialement (race PM × NB4D2) élevés dans l'état du Karnataka en Inde.

Conditions de séchage :

On sèche les cocons dans un séchoir à air chaud par lots, en suivant un programme de températures de 130° C – 120° C – 110° C – 100° C – 90° C pendant une période de 5 heures. On obtient un degré de séchage de 36-38 %.

Conditions de rouissage :

On rouit les cocons séchés à une température unique avec un système de cuisson à la bassine à 5 niveaux différents, c'est à dire 30° C, 50° C, 70° C, 90° C et 97° C avec 3 durées différentes d'1 minute, de 3 minutes et de 5 minutes.

Conditions d'imprégnation :

On place les cocons séchés dans une cage et on les rouit à 50° C pendant 1 minute dans la première bassine de cuisson. On traite immédiatement les cocons rouis à une température d'imprégnation élevée de 80° C, 90° C et 97° C pendant une durée de 1 minute et de 2 minutes dans une deuxième bassine de cuisson suivie par un traitement à basse température d'imprégnation de 60° C, 70° C ou 80° C pendant une durée d'1 minute dans la troisième bassine du système de cuisson à la bassine.

Conditions de cuisson et d'ajustement :

On place les cocons séchés dans une cage et on les rouit à 50° C pendant 1 minute dans la première bassine de cuisson. On traite immédiatement les cocons rouis à une température d'imprégnation élevée de 90° C pendant une durée de 2 minutes dans la deuxième bassine de cuisson suivi par un traitement à faible température de 60° C pendant une durée d'1 minute dans la première bassine du système de cuisson à la bassine. On traite immédiatement les cocons rouis et imprégnés à une température de cuisson de 93° C, 95° C et 97° C pendant une durée de 2 et 3 minutes dans la deuxième bassine de cuisson suivi par un traitement d'ajustement en versant de l'eau froide dans la deuxième bassine. Après la cuisson, on laisse les cocons dans le même bain sans apport de vapeur pendant une minute. Puis, on ajoute une petite quantité d'eau au bain pour diminuer la température de 93° à 90° C. On augmente progressivement l'ajout d'eau au bain de sorte qu'en une période de 2 minutes, la température de l'eau diminue à 80° C, 70° C et 60° C. On conserve les cocons à la même température pendant une minute, puis on les enlève du bain de cuisson pour le purgeage. La période totale d'ajustement est donc de 4 minutes et on procède à la cuisson dans un système de cuisson à la bassine.

Procédure expérimentale :

On prépare une solution teintée en utilisant un colorant acide (Acidol grey SBL) à une concentration de 0,2 g/l. On utilise 300 ml de solution teintée dans chaque bain de cuisson et 50 cocons pour chaque test. On chauffe l'eau colorée au niveau requis pour cuire les cocons et on plonge 50 cocons dans l'eau dans une cage spécialement conçue sont, pour permettre à l'eau colorée de passer dans les couches du cocon. Les cocons colorés sont dévidés individuellement en utilisant une bassine dans de l'eau claire maintenue à 80° C. On purge et on enlève la couche de blaze et on recueille séparément des échantillons de 100 mètres de filament de soie dévidée. On recueille également les couches de pélette séparément. On sèche les échantillons de filament, de blaze et de pélette dans des conditions ambiantes avant de les soumettre à des évaluations ultérieures [Kinoshita (1997).

Analyse des données :

On mesure la force de la couleur des couches colorées en utilisant un système de comparaison de la couleur chromoflash. On observe d'abord la force de la couleur en termes de valeurs K/S de la couche de blaze et la différence de passage de la couleur tous les 100 mètres et la couche de pélette dans la zone visible de 400 – 700 nm en utilisant l'équation de Kubelka Munk.

$$KS = (1 - R^* 0.01)^2 / (2 * R^* 0.01)$$

Où,

K = Coefficient d'absorption

S = Coefficient de dispersion

R = % de réflexion

On fait attention à exposer les échantillons à un niveau d'éclairage uniforme. Les données ainsi obtenues sont analysées de manière statistique en utilisant un système SPSS.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Effet des traitements de rouissage sur l'absorption de la couleur :

Les résultats de l'analyse de variance pour l'absorption de la couleur dans plusieurs couches de la coque soyeuse présentés dans le Tableau I montrent qu'il existe une différence importante avec la température de rouissage et la durée de rouissage chez les cocons poly-bivoltins. L'absorption moyenne de la couleur dans la couche de blaze, les couches de filament de soie et la couche de pélette des cocons poly-bivoltins traités à une température et une durée de rouissage différentes avec un traitement de température unique est présentée dans les Figures 1 et 2. Les résultats globaux moyens de l'absorption de la couleur avec les traitements de rouissage sont présentés dans la Figure 3. Les

résultats de corrélation entre les températures et les durées de rouissage sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches du cocon sont présentés dans le Tableau II.

a. Résultats de l'analyse de variance pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après le rouissage :

Les résultats de l'analyse de variance présentés dans le Tableau I montrent que les températures de rouissage et la durée de rouissage entraînent des différences importantes sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse. La différence significative entre les couches des cocons indique que l'absorption de la couleur n'est pas uniforme dans les couches avec le traitement de température unique. L'effet d'interaction entre la température de rouissage et la durée de rouissage s'avère aussi significatif au seuil de 1 %. Le ratio de contribution de la température de rouissage sur l'absorption de la couleur est situé entre 75,6 % et 66,4 % tandis que pour les couches du milieu (5^{ème} et 6^{ème} couches) il est respectivement de 49,2 % et 53,4 %. Le ratio de contribution de la durée de rouissage sur l'absorption de la couleur se situe entre 4,34% et 21,6%. Le ratio de contribution de l'effet d'interaction entre la température de rouissage et la durée de rouissage sur l'absorption de la couleur se situe entre 1,82 % et 8,80%.

b. Effet des traitements de rouissage sur l'absorption de la couleur :

D'après les résultats présentés dans la Figure 1, on peut observer que l'absorption de la couleur dans les couches est plus importante dans les couches externes, c'est à dire la couche de blaze, la 1^{ère} et la 2^{ème} couche et les couches internes, c'est à dire la 7^{ème} et la 8^{ème} couche et la pélette. Les couches du milieu, c'est à dire de la 3^{ème} à la 6^{ème} couche absorbent moins de couleurs pendant les traitements de rouissage sélectionnés pour l'étude. On attribue cela à la pénétration plus rapide de l'eau dans les couches du milieu quand elle passe de l'extérieur à l'intérieur de la coque soyeuse.

Les résultats présentés dans la Figure 2 indiquent une tendance similaire pour la température de rouissage et la durée de rouissage. L'absorption de la couleur s'avère plus importante dans les couches externes et internes par comparaison aux couches du milieu, comme le montrent les valeurs K/S. Ainsi, d'après les résultats nous en déduisons qu'une température unique de cuisson des cocons ne ramollit pas la sérécine dans les couches médianes, ce qui entraîne plus de rejet de cocons en raison de la rupture du filament, tandis que les couches de blaze et les couches de pélette absorbent considérablement plus de couleur par comparaison aux couches du milieu.

L'effet d'interaction entre l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse et les différentes durées et températures du traitement de rouissage est présenté dans la Figure 3. On peut observer d'après les résultats que pour les différentes températures et durées de rouissage, la couche de blaze et les 2 couches du début présentent une absorption plus importante, et les couches du milieu (de la 3^{ème} à la 6^{ème}), présentent une diminution de l'absorption de la couleur. Cependant, les couches plus internes (7^{ème} et 8^{ème}) et la couche de pélette présentent là encore une absorption plus élevée de la couleur. On peut attribuer cette variation au fait que les couches externes absorbent plus de couleurs en raison du contact direct avec l'eau chaude pendant le rouissage. L'eau colorée semble se diffuser à l'intérieur de la coque soyeuse à une vitesse élevée sans mouiller les couches du milieu. L'eau colorée qui a pénétré présente à l'intérieur de la cavité du cocon humidifie les couches les plus internes et les couches de pélette comme on peut l'observer d'après la meilleure absorption de la couleur dans les couches internes par comparaison aux couches du milieu. Les résultats de l'écart type indiquent aussi que la variation entre les différentes couches de la coque soyeuse est uniforme avec les traitements de rouissage. Kinoshita (1997) a rapporté que quand on traite les cocons bivoltins japonais avec des températures et une durée de rouissage variées, cela donne des résultats similaires.

On peut donc en déduire que pour un rouissage efficace des couches, il faut aussi ramollir les couches du milieu à un degré approprié, cela est possible en variant les profils de température pendant

la cuisson. Une cuisson correcte permettra donc un démêlage uniforme des filaments des cocons sans rupture ce qui améliore donc l'efficacité de dévidage et la qualité de la soie grège.

c. Résultats de l'analyse de corrélation pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après le rouissage :

Les résultats de corrélation présentés dans le Tableau II montrent qu'il existe une différence importante entre les couches du cocon après les traitements de rouissage. Ce qui indique donc que, toutes les couches de la coque soyeuse ont été traitées à un degré variable pendant les différents traitements de rouissage. Les études réalisées par Kinoshita (1997) avec des cocons bivoltins japonais confirment ces observations pour les cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud bien qu'ils soient de nature moins compacte par comparaison aux cocons bivoltins japonais.

2. Effet des traitements de rouissage et d'imprégnation sur l'absorption de la couleur :

Les résultats de l'analyse de variance pour des couches variées de la coque soyeuse présentés dans le Tableau III montrent que les températures et la durée d'imprégnation entraînent des différences importantes dans les couches des cocons chez les cocons poly-bivoltins. L'absorption moyenne de la couleur dans la couche de blaze, les couches du filament de soie et la couche de pélette chez les cocons poly-bivoltins traités avec une température d'imprégnation élevée, une faible température d'imprégnation et une longue durée d'imprégnation différentes avec le traitement à trois températures est présentée dans les Figures 4 à 6. Les résultats d'ensemble moyens d'absorption de la couleur dus aux traitements d'imprégnation sont présentés dans la Figure 7. Les résultats de corrélation entre les températures et les durées d'imprégnation sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches des cocons sont présentés dans le Tableau IV.

d. Résultats de l'analyse de variance pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après l'imprégnation :

Les résultats de l'analyse de variance présentés dans le Tableau III montrent que la température d'imprégnation élevée et la faible température d'imprégnation entraînent des différences significatives sur l'absorption de la couleur dans les différentes couches de la coque soyeuse aux seuils de 1 % et de 5 %. La longue durée d'imprégnation a une influence significative sur les 2^{ème} et 6^{ème} couches de la coque soyeuse avec les traitements d'imprégnation. L'effet d'interaction entre la température d'imprégnation élevée × température d'imprégnation basse et entre la température d'imprégnation élevée × longue durée d'imprégnation s'avère significatif au seuil de 1 % pour la couche de blaze, dans les couches du milieu et pour la couche de pélette. Dans le cas d'une température d'imprégnation basse × une longue durée d'imprégnation à l'exception de la couche de blaze, les autres couches ne présentent pas de différence concernant la couleur absorbée par les couches du cocon. Le ratio de contribution de la température d'imprégnation élevée sur l'absorption de la couleur s'avère plus important dans les couches du milieu, c'est à dire entre 28,56 % et 46 % tandis que pour la couche de blaze il est de 2,37 %. Le ratio de contribution de la température d'imprégnation basse sur l'absorption de la couleur se situe entre 4,12 % et 14,06 %. Le ratio de contribution de la longue durée d'imprégnation et les effets d'interaction sur l'absorption de la couleur s'avèrent moins importants, ce qui indique que la température d'imprégnation élevée et la faible température d'imprégnation sont des facteurs plus significatifs qui déterminent l'effet de cuisson chez les cocons poly-bivoltins.

e. Effet des traitements d'imprégnation sur l'absorption de la couleur :

L'influence de la température d'imprégnation élevée, de la faible température d'imprégnation et de la longue durée d'imprégnation (Figures 4 à 6) indique que l'absorption de la couleur est plus importante dans les couches externes, c'est à dire dans la couche de blaze, la 1^{ère} et la 2^{ème} couche

et dans les couches internes c'est à dire la 7^{ème} et la 8^{ème} couche et dans la couche de pélette. Les couches du milieu, c'est à dire de la 3^{ème} à la 6^{ème} couche absorbent moins de couleurs pendant les traitements d'imprégnation sélectionnés pour l'étude. Cependant, il est intéressant de noter que les valeurs d'absorption de la couleur sont plus élevées qu'avec le traitement de température unique, ce qui indique donc que les couches du milieu ramollissent plus par comparaison aux traitements de température unique. De plus, les figures indiquent que l'absorption de la couleur après le traitement des cocons poly-bivoltins à une température d'imprégnation élevée de 90° C à 97° C, une faible température d'imprégnation de 60° C à 70° C et une longue durée d'imprégnation de 2 minutes donne de meilleurs résultats par comparaison aux autres températures utilisées dans l'étude.

Les résultats présentés dans la figure 7 montrent l'influence générale de la température d'imprégnation élevée, de la faible température d'imprégnation et de la longue durée d'imprégnation sur l'absorption de la couleur. L'absorption de la couleur s'avère plus importante dans les couches externes et internes par comparaison aux couches du milieu comme le montrent les valeurs K/S. Cependant, l'absorption moyenne de la couleur dans les couches du milieu augmente de 110 à 150. Cela se produit parce que lorsque la température d'imprégnation élevée est plus élevée, l'air à l'intérieur des cocons se dilate et s'échappe par les couches de la coque. La différence de pression créée de l'intérieur à l'extérieur des cocons permet à l'eau de se répandre dans les couches du cocon. Ainsi, d'après les résultats, on en déduit que par comparaison à une température de cuisson unique, les traitements de cuisson avec trois températures ramollissent la séricine dans les couches du milieu, ce qui entraîne l'amélioration de la performance de dévidage chez les cocons-polybivoltins. De plus, les traitements à trois températures colorent uniformément les couches du milieu. Cela pourrait être dû à la structure lâche de la coque des cocons poly-bivoltins indiens. Ceci se produit parce que la coque soyeuse est plus perméable à l'air ; l'eau pénètre facilement à l'intérieur de la coque soyeuse avec les trois traitements de température. Les résultats obtenus dans cette étude confirment ceux de Shimazaki (1962), qui a étudié la variabilité de l'effet d'imprégnation de la coque soyeuse et il s'avère que dans les couches du milieu de la coque soyeuse, l'absorption de l'eau est inférieure par comparaison aux couches externes et internes. Pour réduire la variabilité du traitement d'imprégnation, pendant les traitements d'imprégnation à température élevée et faible, il faut augmenter l'absorption de l'eau (c'est à dire qu'il faut faire pénétrer le maximum d'eau). Les traitements d'imprégnation améliorent donc encore l'efficacité de cuisson des cocons poly-bivoltins indiens.

f. Résultats de l'analyse de corrélation pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après imprégnation :

Les résultats de corrélation présentés dans le Tableau IV montrent qu'il existe une différence significative entre les différentes couches du cocon après les traitements d'imprégnation. Cela indique donc que toutes les couches de la coque soyeuse ont été traitées à un degré variable pendant les différents rouissages suivis par les traitements d'imprégnation. Bien qu'il existe encore une différence entre les couches des cocons, les coefficients de corrélation sont plus faibles par comparaison aux traitements de température unique.

3. Effet des traitements de rouissage, d'imprégnation, de cuisson et d'ajustement sur l'absorption de la couleur :

Les résultats de l'analyse de variance pour diverses couches de la coque soyeuse présentés dans le Tableau V montrent qu'il existe une différence significative entre les températures, la durée de cuisson et les profils d'ajustement de la température chez les cocons poly-bivoltins. L'absorption moyenne de la couleur dans la couche de blaze, les couches du filament de soie et la couche de pélette chez les cocons polybivoltins traités avec une température de cuisson, une température d'ajustement et une durée de cuisson différentes avec un traitement de cinq températures est présentée dans les Figures 8 à 10. Les résultats moyens globaux de l'absorption de la couleur avec les traitements

d'imprégnation sont présentés dans la Figure 11. Les résultats de corrélation entre les températures et durées de cuisson et d'ajustement sur l'absorption de la couleur dans différentes couches du cocon sont présentés dans le Tableau VI.

g. Résultats de l'analyse de variance pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après la cuisson :

Les résultats de l'analyse de variance présentés dans le Tableau V montrent qu'il existe une différence significative entre les températures de cuisson sur l'absorption de la couleur dans la couche de blaze, dans la 3^{ème} à la 6^{ème} couche de soie au seuil de 1 %, tandis que les profils de la température d'ajustement entraînent une différence significative sur l'absorption de la couleur de la 1^{ère} à la 4^{ème} couche de la coque soyeuse aux seuils respectivement de 1 % et 5 %. La durée de cuisson a une influence importante sur l'absorption de la couleur dans la pélette, la 1^{ère}, la 2^{ème} et la 7^{ème} couche et les couches de la pélette au seuil de signification de 1 %. Cependant, les effets d'interaction de la température de cuisson $\times$ les profils de la température d'ajustement, la température de cuisson $\times$ durée de cuisson et la durée de cuisson $\times$ profils de la température d'ajustement ont un effet significatif au seuil de 1 % sur toutes les couches de la coque soyeuse comme on peut l'observer d'après les résultats d'absorption de la couleur. Le ratio de contribution de la température de cuisson, les profils de la température d'ajustement et la durée de cuisson sur l'absorption de la couleur s'avèrent être moins importants tandis que les interactions donnent des valeurs significativement plus élevées jusqu'à 41,55 %. En particulier, les couches du milieu présentent un ratio de contribution plus important, ce qui indique qu'il y a une différence d'absorption de la couleur entre les couches externes et internes et les couches du milieu.

h. Effet des traitements de cuisson et d'ajustement sur l'absorption de la couleur après la cuisson :

L'influence de la température de cuisson, des profils de la température d'ajustement et de la durée de cuisson (Figures 8 à 10) indique que l'absorption de la couleur est plus importante dans les couches externes, c'est à dire dans la couche de blaze, dans les 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} couches et dans les couches internes, c'est à dire dans la 7^{ème}, la 8^{ème} et dans la couche de pélette. Les couches du milieu c'est à dire de la 4^{ème} à la 6^{ème} absorbent comparativement moins de couleurs pendant les traitements de cuisson et d'ajustement sélectionnés pour l'étude. Cependant, il est intéressant de noter que les valeurs d'absorption de la couleur sont considérablement plus élevées qu'avec le traitement de température unique et de trois températures, ce qui indique que les couches du milieu ramollissent de manière uniforme par comparaison aux traitements de température unique et de trois températures. De plus, les figures indiquent que l'absorption de la couleur après le traitement des cocons poly-bivoltins à une température de cuisson de 95° C à 97° C, un profil de la température d'ajustement de 90° - 60° C et une durée de cuisson de 2 minutes donne de meilleurs résultats par comparaison aux autres températures utilisées dans l'étude.

Les résultats présentés dans la Figure 11 montrent l'influence générale de la température de cuisson, du profil de la température d'ajustement et de la durée de cuisson sur l'absorption de la couleur. Par comparaison aux études de rouissage et d'imprégnation, l'absorption de la couleur augmente dans toutes les couches, ce qui montre clairement que la pénétration de l'eau s'améliore avec le traitement de cinq températures, ce qui ramollit donc les couches de sérécine efficacement. L'absorption moyenne de la couleur dans les couches du milieu augmente de 110 à 172 (valeurs K/S) entre les traitements à une température unique et de cinq températures, et de 150 à 172 (valeurs K/S) entre les traitements de trois et de cinq températures. On pourrait attribuer cela au fait qu'après une cuisson complète des cocons poly-bivoltins indiens, une quantité maximum d'eau pénètre à l'intérieur des cocons compte tenu de la structure de la coque des cocons. De plus, on peut observer que toutes les couches présentent plus d'absorption de la couleur avec les traitements de cinq températures sélectionnés dans l'étude. On attribue cela à la pénétration uniforme de l'eau par toutes les couches

tandis qu'elle passe de l'extérieur à l'intérieur et de l'intérieur à l'extérieur de la coque soyeuse, qui est possible par la différence de pression créée par le traitement de températures variées pendant le processus de cuisson.

L'absorption de la couleur s'avère diminuer dans toutes les couches de la coque soyeuse, alors que la durée de cuisson à température élevée augmente. Avec un traitement de 3 minutes, l'absorption de la couleur est faible comme le montrent les valeurs K/S. De plus, on observe qu'il n'y a pas de différence significative d'absorption de la couleur dans toutes les couches de la coque soyeuse. La figure 3 montre l'influence de la durée de cuisson sur l'absorption de la couleur, qui indique qu'un traitement de 2 minutes donne une meilleure absorption dans les couches de la coque. On attribue cela au fait qu'avec des durées de cuisson plus longues, l'air est emprisonné à l'intérieur des cocons en raison du phénomène de succion à l'entrée et la pénétration de l'eau diminue.

Les résultats obtenus dans cette étude confirment ceux de Kinoshita (1997), qui a étudié la variabilité de l'humidification de la coque soyeuse et constaté que dans les couches du milieu de la coque soyeuse, l'absorption de l'eau pourrait être améliorée par des traitements de cuisson corrects. Pour diminuer la variabilité de l'humidification de toutes les couches de la coque, il faut adopter un processus de cuisson complet constitué d'un traitement de rouissage, d'un traitement à température élevée, d'un traitement à faible température, d'un traitement concernant la température de cuisson et d'un traitement concernant le profil de température d'ajustement de sorte que l'on obtient un ramollissement uniforme de la séricine dans toutes les couches avec l'amélioration de la productivité et de la qualité de la soie grège chez les cocons poly-bivoltins.

i. Résultats de l'analyse de corrélation pour les caractéristiques d'absorption de la couleur après la cuisson :

Les résultats de corrélation présentés dans le Tableau VI montrent qu'il existe aussi une différence significative entre les couches du milieu après les traitements de cuisson et d'ajustement. L'absorption de la couleur dans la couche de blaze, la 1^{ère} couche, la 2^{ème} couche et la couche de pélette sont liées. La couche de soie 2 a une relation avec les couches 3 et 5. De même, la 3^{ème} à la 7^{ème} couche de soie sont mutuellement liées. La couche de pélette a une relation significative avec la blaze et les couches 6 et 7. Cela indique donc que, bien que le traitement de cuisson complet de 5 températures colore significativement toutes les couches de la coque soyeuse, on constate une variation de la couleur entre les couches. Les coefficients de corrélation ont des valeurs assez faibles dans les couches externes et internes par comparaison aux couches du milieu. Cependant, par comparaison aux traitements de température unique et de trois températures, la cuisson avec cinq températures colore les couches de manière uniforme ce qui indique que les cocons ont été ramollis à un degré convenable pour dérouler les filaments pendant le processus de dévidage. Les études réalisées par Kinoshita (1997) chez les cocons bivoltins concordent avec cette observation chez les cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud bien qu'ils soient de nature moins compacte que les cocons bivoltins japonais.

CONCLUSION

D'après ces études, on en déduit que la température de rouissage et les traitements de durée humidifient plus les couches externes et internes de la coque soyeuse, cependant les couches du milieu (de la 3^{ème} à la 6^{ème}) ne sont pas humidifiées au niveau désiré, ce qui montre que la cuisson dans une bassine unique adoptée en Inde, n'est pas adaptée pour les cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud. Les corrélations entre les différentes couches du cocon indiquent que le degré d'humidification des couches est différent avec le traitement de rouissage avec une température unique. La température d'imprégnation élevée de 90 – 95° C pendant une durée de deux minutes et la température d'imprégnation basse de 60-70° C font pénétrer l'eau efficacement dans les couches soyeuses. De plus, à une température d'imprégnation très élevée de 97° C, l'absorption de la couleur est plus importante mais elle entraîne un ramollissement trop important de la séricine de la coque soyeuse.

La température de cuisson de 95° C pendant une durée de 2 minutes et un profil d'ajustement de la température de 93° - 60° C font pénétrer l'eau efficacement dans les coques soyeuses. Pour obtenir une humidification uniforme des couches de la coque soyeuse, il est essentiel d'adopter une méthodologie de cuisson correcte avec un profil de température adapté de sorte que les couches de la coque soyeuse ramollissent uniformément et que l'on puisse atteindre une performance de dévidage et une qualité de soie grège meilleures avec des cocons poly-bivoltins séchés à l'air chaud.

PHYTOECDYSTEROID AND ITS USE IN SERICULTURE

KANIKA TRIVEDY, S. NIRMAL KUMAR AND S.B. DANDIN

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India.

*Exogenous administration of juvenile hormone analogue and ecdysteroid hormones can be a tool for rearing management in sericulture. The changes brought in, are purely physiological and confined to a particular generation. A plant belonging to Caryophyllaceae i.e., **Silene gallica** contains the highest amount (0.1% by dry weight) of ecdysteroid both among the plants screened by us and among the plants so far reported from India. Further, an effective extraction procedure has been developed and a precise application direction recommended. The objective of this technology is to hasten maturation events of silkworm, to synchronize the spinning activities and to shorten the mounting period in both pure races and hybrids of silkworm, **Bombyx mori**. At the on-set of spinning, treatment is recommended for uniform maturation. In the treated batches all the worms mature within 18-24 h, whereas, the control takes 48-72 h for complete maturation. No significant adverse effect is observed on the cocoon characters and egg recovery. Further, this technology is also recommended in case of emergencies like shortage of leaf or outbreak of diseases. The hormone can be sprayed any day after 3rd day of the V instar. It can save the crop to certain extent by influencing early maturation. But in such cases two doses are recommended one for induction of spinning and the second for uniform maturation. However, it has been observed that in this process there will be reduction in the cocoon traits due to a shortening of the instar. Technology has been tested for all hybrid combinations and in all temperature regimes.*

Keywords: *Bombyx mori*, early maturation, phytoecdysteroid, *Silene gallica*, silkworm, uniform maturation,

INTRODUCTION

Sericulture has combining features of rural agriculture and industry based activities. Several technologies are being developed from soil to silk to improve this aspect. Labour saving device linked with quality silk is the present need of the industry. Silkworm growth and development are controlled by hormones such as ecdysone secreted by prothoracic gland and juvenile hormone (JH) secreted by corpora allata. Ecdysone is moulting hormone in inactive form converted to 20-OH-Ecdysone when activated (Fig. 1). Exogenous administration of these hormones can be a tool for rearing management in Sericulture. One of the biggest problems encountered in silkworm rearing during last phase is non-uniform maturation of the worms especially during cooler months. In normal practice of silkworm rearing, farmers are forced to pick and mount the silkworm as and when they mature and the mounting process extends up to 2 - 3 days or even more. This involves a lot of time, labour, extra mulberry leaf which ends up in higher production cost besides marketing difficulties and extended grainage operation where seeds are produced. This problem is mainly due to 20-OH ecdysone titre of silkworm in a population, which is not reaching to the optimum titer required for spinning. Any changes in the hormone titers are confined to a particular generation, which will induce purely physiological and behavioral modifications. Recent studies have established that judicious administration of phytoecdysteroid can accelerate the maturation events and synchronize spinning

activities in silkworm, *Bombyx mori*. Another problem is the occasional crop loss due to unforeseen shortage of mulberry leaf or sudden outbreak of diseases in the last phase of rearing which can also be solved by bringing early maturation in the population (Zhuang *et al.* 1992). By administering moulting hormone when the silkworms are about to spin, it was found that spinning was more or less simultaneous, enabling improved efficiency in mounting and uniformity in pupation (Li *et al.* 1992; Zhuang *et al.* 1992). Ecdysteroid is synthesized by some plants as defence mechanism and it does occur in large quantities. Phytoecdysteroid is far more active than zoo ecdysteroid. It withstands the insect detoxification mechanism to a great extent.

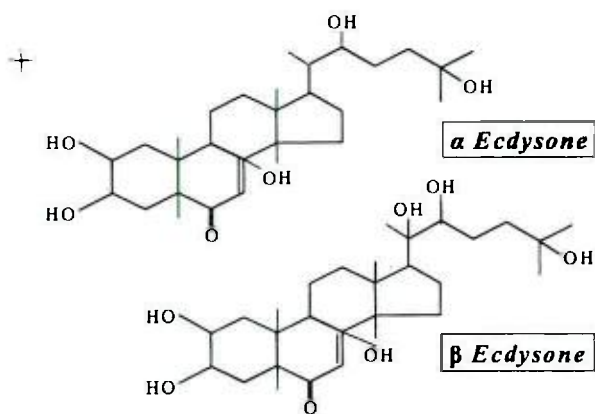


Figure 1. Structure of Ecdysone and 20OH ecdysone.

Figure 1. Structure de l'ecdysone et de la 20OH ecdysone.

In China, ecdysteroid is extracted from locally available plants and marketed extensively for early or uniform larval maturity. Phytoecdysteroids are also used commercially to increase productivity in sericulture (Chou and Lu, 1980; Zhuang *et al.* 1992). Shivkumar *et al.* (1995, 1996) made preliminary efforts to use crude phyto extracts in sericulture. Similar observations were reported by Anantharaman *et al.* 1996; Maribashetty *et al.* 1997 and Chandrakala *et al.* 1998). Various ecdysteroids with moulting hormone activities in insects were isolated from plant materials (Novak 1975; Chow-wei-shan 1980; Slama *et al.* 1993). Plants unlike insects are capable of the biosynthesis of the ecdysteroids from mevalonic acid, and in several cases, the biosynthesis of phytoecdysteroids was also demonstrated to proceed via sterols. (Adler & Grebenok 1995). Nakanishi *et al.* (1966) isolated four types of steroids with moulting hormone activity from a plant *Podocarpus nakaii*, which are, named Ponasterone A, B, C and D. This discovery led to many investigations, which revealed a surprising number of chemicals having ecdysteroid activity in various species of Ferns and Angiosperms (Kobayashi *et al.* 1967; Imai *et al.* 1969; Hikino and Takemoto, 1974; Hetru and Horn, 1980, Lafont 1998). 20-hydroxy ecdysone (20-OHE) is the most widely occurring phytoecdysteroid and many plants like *Achyranthus aspera*, and *Trianthema portulacastrum* in south India have been identified to have this compound (Banerjee *et al.* 1971). Phytoecdysteroids have been reported to occur in over 120 plant families (Adler & Grebenok 1995). It was reported biosynthesis of polypodine B and 20-hydroxyecdysone in *Spondaic oleracea* (Spinach). Present technology, which is reported here, is also based on the presence of 20-hydroxy ecdysterone in the product.

MATERIAL AND METHODS

49 plant species belonging to families i.e., Amaranthaceae, Aizoaceae, Coniferaceae, Convolvaceae, Chenopodiaceae, Commelinaceae, Caryophyllaceae, Compositae and Labiateae from plains and high altitude of South India were identified and collected. The process consists of extraction of compound with polar organic solvent and solvent partition from dried whole plants. Presence of 20-OHE is identified in the extract by TLC keeping standard as 20- OHE procured from sigma. 20 OHE in the extract is purified through column chromatography and preparative TLC and quantified through HPLC. The quantitative analysis indicates that these plants contain 0.001 to 0.1% of 20 OHE. The highest amount of ecdysteroid (0.1% by dry weight) was found in the plant *Silene gallica* belonging to family Caryophyllaceae. This is the maximum content of ecysteroid among the plants so far reported from India.

For the first time a viable source material is identified i.e. *Silene gallica* , which is abundantly available in the Nilgiris and the plant can also be cultivated. 100 kg of dry weed yields 100 g of active ingredient, which is sufficient to treat one lakh dfls (2000 boxes). Further, a precise application direction is recommended. Presently it is available on the market in the trade name of "Sampoorna", which means to complete the process/programme. Process of extraction from *Silene gallica* was registered for patenting and licensed to M/S SERICARE, Bangalore, India for manufacturing and marketing. Product is recommended for two purposes: first to synchronize the maturation activity and to achieve uniform spinning (regular use). The other purpose is to advance the maturation activities and hasten the cocoon spinning process especially when a partial or complete crop loss is foreseen either due to leaf shortage or due to disease out break (crop saving use).



A close view of *Sillene gallica* in the natural habitat.
Vue rapprochée de Sillene gallica dans son habitat naturel.

Following experiments were conducted in the laboratory:

Experiment 1:

Effect of phytoecdysteroid on onset of spinning of bivoltine hybrid of silkworm, *Bombyx mori*.

Experiment 2:

Effect of phytoecdysteroid for early maturation of bivoltine hybrid of silkworm, *Bombyx mori*.

Experiment 3:

Effect of phytoecdysteroid on onset of spinning of bivoltine pure breeds of silkworm, *Bombyx mori*.

Experiment 4:

Effect of phytoecdysteroid for early maturation of bivoltine pure breeds of silkworm, *Bombyx mori*.

Experiment 5:

Effect of phytoecdysteroid on different Multi × bi hybrids of silkworm, *Bombyx mori*.

Experiment 6:

Effect of Phytoecdysteroid treatment on silkworm maturity at different temperature regimes.

CSR2 × CSR4 (bivoltine × bivoltine) silkworm hybrid, multivoltine × bivoltine, BL24 × *C. nichi*, PM × *C. nichi*, PM × CSR101, BL67 × CSR101, PM × CSR2, PM × NB4D2 and pure races i.e., CSR2 and CSR4 were used for the study.

- Administration of phytoecdysteroid to 10 dfls for each breed and hybrid were done at the laboratory keeping equal number as positive control and control i.e. without any treatment

- 1 mg of ecdysteroid / 400 larvae has been fed orally as single dose i.e. 2.5 µg/larva.

- For the uniform spinning, "Phytoecdysteroid" was sprayed on thin feeding at onset of spinning, when 3-5 % of the worms in a batch initiated spinning.

- For crop saving application (early maturation), same dose and dilution of "phytoecdysteroid" were used after completion of 72 h, 96 h and 120 h of V instar at laboratory for both pure breeds CSR2, CSR4 and for CSR2 × CSR4 hybrid.

- For positive control (with 50 mg of purified 20 hydroxy ecdysone dissolved in 2-litre water for 50 Dfls) at onset of spinning.

- CSR2 and CSR4 cocoons were processed for grainage operation and observations on cocoon traits, fecundity etc. and reeling data collected from hybrid cocoons.

- For temperature experiment three temperature schedule were selected i.e. medium ($26 \pm 2^\circ \text{C}$), High ($31 \pm 2^\circ \text{C}$), low ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) and control as room temperature.

- Time and percentage of maturation was recorded. Cocoons were harvested, assessed and statistically analyzed.

At farmers level the following experiments were conducted:

Experiment 7:

Performance of "Sampoorna" at farmers' level through Regional Research Stations of CSRTI, Mysore

Experiment 8:

Studies on the reeling parameters of "Sampoorna" treated and control batches at on-set of spinning.

- One vial (10 ml) content 50 mg of 20-hydroxyecdysone of "Sampoorna" mixed with 2 liters of water was used to treat 50 Dfls (20,000 larvae) in 300 square feet area.

- The diluted solution was sprayed over the feed using a hand sprayer

- After 6-8 h of treatment, wherever required, one more feeding was given after complete consumption of treated leaf.

- Plastic collapsible mountages were used to observe crawling of the mature larvae i.e. self-mounting procedure.

- Same number of Dfls kept as absolute control without any treatment and at same time (along with the treated batch) plastic collapsible mountages were used to observe crawling of the mature larvae i.e. self-mounting procedure.

- Time taken for 100 % maturation was recorded. Cocoons were harvested, assessed and statistically analyzed. Reeling parameters were assessed.

RESULTS AND DISCUSSION

Experiment 1:

In uniform spinning treatment 90.86 % of the worms were ready for mounting by 18 h whereas in control batch 44 % worms were only ready for mounting by this time. The same trend was observed in case of positive control batches (93.97%). Generally, when about 80% of the worms are ready, even the remaining worms are mounted at once. To reach 100 % maturation the treated and control batches took 24 and 48 h respectively (Fig. 2). The effect of the treatment was also observed on economic parameters like cocoon weight, cocoon shell weight and shell ratio. The treatment did not affect these parameters significantly (Table I). Therefore, it was clear that onset of spinning treatments did not affect the cocoon and silk filament either qualitatively or quantitatively.

Experiment 2:

For advanced spinning (crop saving application) the "phytoecdysteroid" was administered after the completion of 72 h, 96 h and 120 h in the 5th instar. As a result, the 5th instar larval period for 100% completion of spinning was shortened up to 30-40 h. Early maturation caused reduction in the feeding period resulted in a marginal reduction in the cocoon and cocoon shell weight (Table I).

Experiments 3 and 4:

In case of pure breed CSR2 and CSR4 also mounting duration was shortened by 18-24 h by the treatment. Similar synchronization was observed in moth emergence as well. Cocoon traits reduced as early treatment was done and it affected fecundity also (Fig. 3 and 4 and Table II).

Experiment 5:

Effect of phytoecdysteroid was studied in different Multi × bi hybrids of silkworm, *Bombyx mori*. BL24 × *C. nichi*, PM × *C. nichi*, PM × CSR101, BL67 × CSR101, PM × CSR2, PM × NB4D2 in two seasons and found that 6 h to 18 h early larvae were matured as compared with control (Table III). It was concluded that hormone is working for all the hybrids.

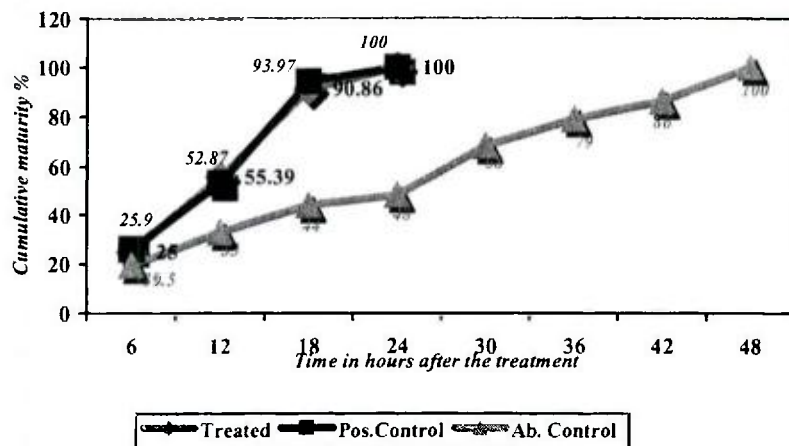


Figure 2. Effect of “Phytoecdysteroid” on onset of maturation of silkworm of CSR2 x CSR4.
Figure 2. Effet d'une phytoecdystéroïde sur le début de la maturation du ver à soie CSR2 x CSR4.
 Pos. Con : Positive control / Témoin positif. Ab Con: Absolute control / Témoin absolu.

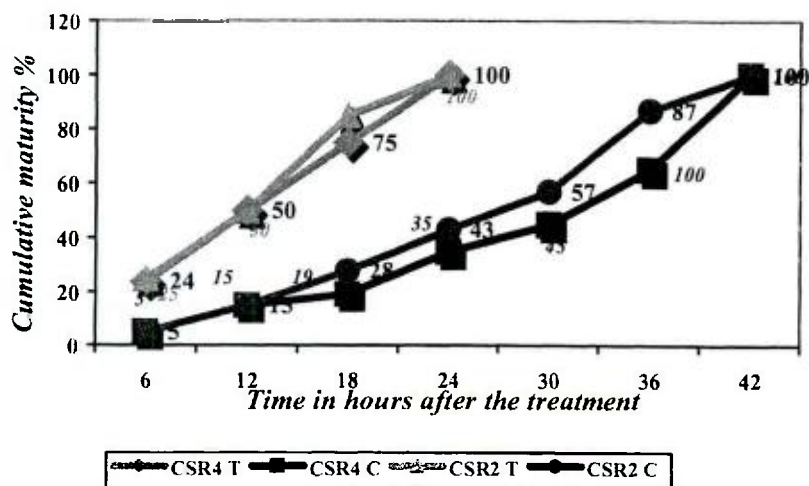


Figure 3. Effect of “Phytoecdysteroid” on onset of maturation of silkworm bivoltine pure breeds, CSR2 and CSR4. C: Control. T: Treated.

Figure 3. Effet d'une phytoecdystéroïde sur le début de la maturation de lignées pures du ver à soie bivoltin CSR2 et CSR4. C : Témoin. T : Traité.

Table I. Effect of phytoecdysteroid for early maturation treatment (Crop saving treatment) as compared to uniform maturation treatment (onset of spinning) in bivoltine, CSR 2 × CSR4 hybrid.

Tableau I. Effet d'une phytoecdystéroïde pour le traitement de maturation précoce (traitement de sauvegarde des récoltes) par comparaison au traitement de maturation uniforme (début du filage) chez l'hybride bivoltine, CSR2 × CSR4.

Treatment (h) in V instar	Maturity % after treatment		C. wt. (g)	Sh. wt. (g)	S.R. (%)	F. L. (m)	Denier
Heure du traitement au 5 ^{ème} âge	% de maturité après le traitement		Poids du cocon (g)	Poids de la coque	Richesse soyeuse (%)		Titre
	24 h	30 h					
72	-	50.00	1.690	0.365	21.59	800.6	2.47
96	70.44	89.90	1.750	0.376	21.48	906.6	2.28
120	79.17	90.63	1.796	0.404	22.49	932.8	2.20
144 (onset of spinning / début du filage)	100.00	-	1.866	0.417	22.35	1068	2.27
Control Témoin	Spinning initiated at 144h of V instar and 100% completion of spinning took another 48 hours. <i>Le filage commence à la 144^{ème} heure du 5^{ème} âge et l'achèvement de 100 % du filage prend encore 48 heures.</i>		1.872	0.412	20.01	1049	2.49
SE ±	0.13	0.52	0.01	0.001	0.24	1.66	0.04
CD at 5 %							
DC à 5 %	0.42	1.68	0.04	0.004	0.79	5.4	0.14

C. Wt. Cocoon weight / Poids du cocon. Sh. wt. Shell weight / Poids de la coque. S.R. % Shell ratio % / % de richesse soyeuse. F.L. Filament length / Longueur du filament.

Experiment 6.:

Phytoecdysteroid treatment on silkworm maturity at different temperature i. e. medium, high and low was conducted in two hybrids and compared with control. 100% maturation was completed at high, medium and low temperature respectively within 12h, 30h and 36h as compared to control, which took 42 h (Fig. 5).

Experiment. 7:

Performance of "Sampoorna" has been tested with 150 farmers through 5 Regional Research Stations of CSRTI, Mysore. Average data of all farmers and in all the seasons revealed that in all the treatments it matured 14-26 h earlier than the control. The results were similar in Salem, which is hottest place and Coonoor, which is coldest place situated in Tamilnadu of India. It is clear from the above study that Sampoorna is working in all temperature (Table IV).

Table II. Effect of "phytoecdysteroid" for early maturation treatment (Crop saving treatment) as compared to uniform maturation treatment (onset of spinning) in bivoltine pure breed (CSR2 and CSR4).

Tableau II. Effet d'une phytoecdystéroïde pour le traitement de maturation précoce (traitement de sauvegarde des récoltes) par comparaison au traitement de maturation uniforme (début du filage) chez la lignée pure bivoltine (CSR2 et CSR4).

Treatment (h) in V instar	Survival percentage (%)	C. wt. (g)	Sh. wt. (g)	S.R. (%)	Fecundity (no.)
<i>Heure de traitement au 5^{ème} âge</i>	<i>Pourcentage de survie (%)</i>	<i>Pds du cocon (g)</i>	<i>Pds de la coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>
CSR2					
72	93.78*	1.336*	0.246*	18.40*	445*
96	95.51*	1.531*	0.289*	18.75*	500
120	92.37	1.614	0.340	21.09	500
132 (Onset of spinning / Début du filage)	88.61	1.628	0.360	22.11	528
Control / Témoin	84.74	1.756	0.390	22.21	539
SE±	2.587	0.049	0.020	0.952	15.630
CD 5%	8.438	0.158	0.065	3.104	48.166
CSR4					
72	96.17	1.634*	0.298*	18.20*	485*
96	90.42*	1.552*	0.272*	17.53*	530
120	94.66	1.772	0.369	20.82	531
132	94.10	1.818	0.378	20.79	563
Control / Témoin	95.47	1.909	0.400	21.00	570
SE±	1.507	0.042	0.009	0.543	14.484
CD5%	4.910	0.137	0.032	1.772	44.636

* Significant at $p < 0.05$ / Significatif au seuil de $p < 0,05$.

Experiment 8:

Three lots of cocoons of Multi × bivoltine, PM × CSR2 from farmers level, "Sampoorna" treated at on-set of spinning and control batches were taken-up for detail analysis on the reeling parameters (Table Va and b) which reveals that there is no negative effect of Sampoorna on cocoon, reeling and quality parameters.

Till 2004 "Sampoorna" has been utilized for treating 57,68,480 dfls. In general, by administration of "Sampoorna" amount of Rs. 560.00 can be saved for every 100 dfls through savings in labour and mulberry leaf (Table VI). If farmer is spending Rs 1 for the use of Sampoorna, he will get back Rs. 6.90 as cost benefit ratio (Table VII). The farmers' response to this technology proves that there is something beyond this saving. The relief of quick mounting is the well-appreciated factor, which supports wide use of "Sampoorna" for synchronizing spinning activities and fast mounting.

Table III. Performance of phytoecdysteroid on maturation of multi × bivoltine hybrids at onset of spinning.

Tableau III. Performance d'une phytoecdystéroïde sur la maturation d'hybrides poly × bivoltins au début du filage.

Hybrid Hybride	Time taken (h) for 100% maturation Durée nécessaire (h) pour 100 % de maturation			
	Summer Été		Winter Hiver	
	Treated Traité	Control Témoin	Treated Traité	Control Témoin
BL24 × C.nichi	18	24	36	54
PM × C. nichi	18	30	24	42
PM × CSR101	18	36	24	42
BL67 × CSR101	18	24	24	30
PM × CSR2	24	30	30	42
PM × NB4D2	24	42	30	42

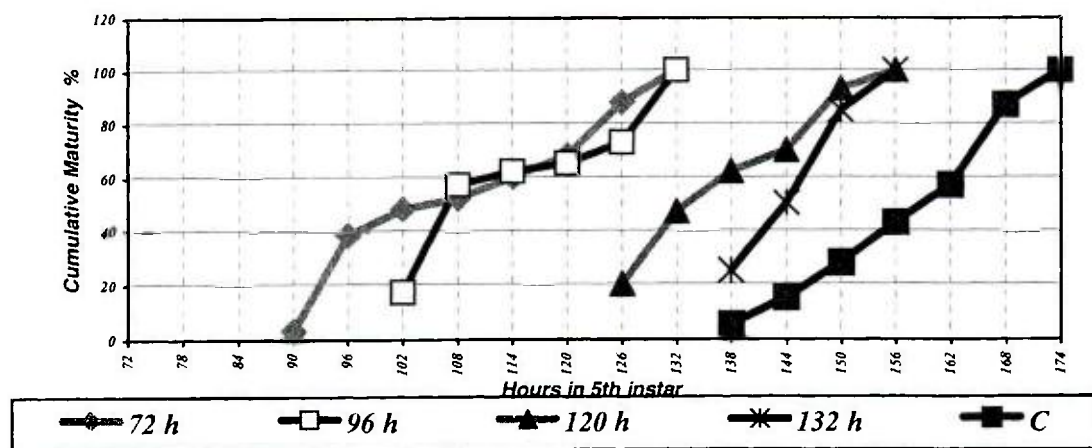


Figure 4. Effect of phytoecdysteroid on early maturation of bivoltine pure breed silkworm.

Figure 4. Effet d'une phytoecdystéroïde sur la maturation précoce d'une lignée pure du ver à soie bivoltin
C: Control / Témoin.

Table IV. Performance of Phytoecdysteroid at farmers' level through Regional Sericultural Research Stations (RSRS) of CSRTI Mysore, India.

Tableau IV. Performance d'une phytoecdystéroïde chez les fermiers dans les Stations Régionales de Recherche Séricicole (RSRS) du CSRTI de Mysore en Inde.

Centre	Time taken (h) for 100 % completion of mounting <i>Temps nécessaire (h) pour l'achèvement de 100 % de la montée</i>	
	Treated <i>Traité</i>	Control <i>Témoin</i>
RSRS Kodathi	20	34
RSRS Salem	10	25
RSRS Anantapur	23	49
RSRS Coonoor	28	45
RSRS Chamraj nagar	16	30

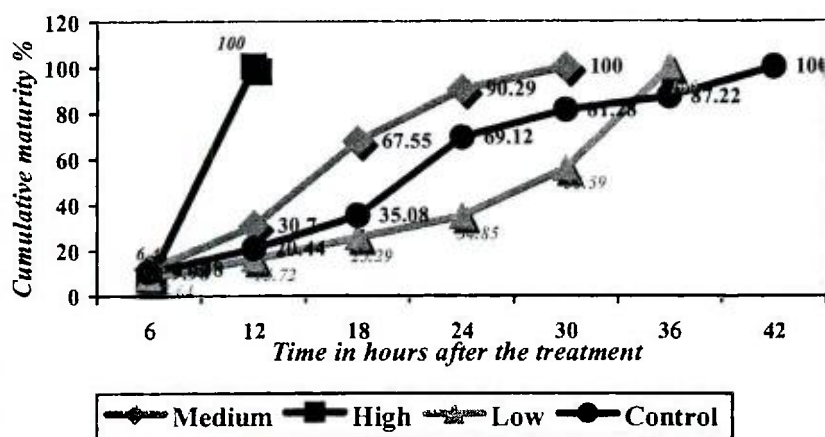


Figure 5. Effect of phytoecdysteroid treatment on silkworm, CSR2 x CSR4 maturity at different temperature.

Figure 5. Effet du traitement avec une phytoecdystéroïde sur la maturité du ver à soie CSR2 x CSR4 à des températures différentes.

Table Va. Reeling data of farmers Cocoons treated with phytoecdysteroid as compared with control.

Tableau Va. Données sur le dévidage des cocons de fermiers traités avec une phytoecdystéroïde par comparaison au témoin.

Particulars						
	Lot 1		Lot 2		Lot 3	
	T	C	T	C	T	C
Cocoon Characters						
Caractères du cocon						
C. wt. /	1.86	1.72	1.93	1.71	1.77	1.72
Pds du cocon (g)						
Sh. wt /	0.33	0.32	0.33	0.33	0.32	0.32
Pds de la coque (g)						
S.R.%	17.74	18.81	17.09	19.21	18.07	18.60
Av. Fl (m)	814	781	790	773	828	781
Filament moyen (m)						
Av. NbFl (m)	720	695	692	674	734	678
Filament sans cassure						
Av. Denier	2.78	2.77	2.69	2.66	2.74	2.72
Denier moyen						
Reeling Characters						
Caractères du dévidage						
Reelability %						
% de dévidabilité	88.9	88.46	88.17	87.13	88.69	87.13
Renditta A (kg)	7.1	7.5	7.4	8.4	7.0	7.5
Renditta B (kg)	7.3	7.8	7.8	8.7	7.3	7.8
RSR %	68.3	69.2	66.18	67.5	66.4	64
Waste % on silk weight	19.4	19.5	17.6	20.9	19.2	19.5
% de déchets par rapport au poids de la soie						

T: Treated / *Traité*. **C:** Control / *Témoin*. **SR%:** Shell ratio % / % de richesse soyeuse. **Renditta / Rendement à la bassine.** **RSR %:** Raw silk recovery / *Récupération de soie grège*.

Plant sterol is converted to animal sterol in phytophagous species like *B. mori* or in other words the silkworms cannot synthesize precursors of moulting hormone de novo and therefore it depends on dietary sterol present in its food (Hoffmann and Hetru 1983). The MHs (moulting hormones) are hydrophilic in nature because of a number of hydroxy groups present on the molecule. So analogues of these hormones cannot penetrate the insect cuticle. So in present work it is recommended as oral application. The neurohormone of the brain or prothoracicotropic hormone (PTTH) enters into the haemolymph through the retrocerebral complex Corpus cardiacum (CC) and Corpus allatum (CA) and stimulates the prothoracic glands to synthesize and secrete ecdysone, a prohormone (Shirai, *et al.* 1992). At peripheral sites, ecdysone is converted into a moulting hormone, 20-hydroxy ecdysone (ecdysterone).

Table Vb. Quality test of reeled silk of farmers cocoons treated with phytoecdysteroid as compared with control.

Tableau Vb. Test de qualité de la soie dévidée à partir des cocons des fermiers traités avec une phytoecdystéroïde par comparaison au témoin.

Particulars	Lot 1				Lot 2				Lot 3			
	T		C		T		C		T		C	
	Val	Gr	Val	Gr	Val	Gr	Val	Gr	Val	Gr	Val	Gr
Caractéristiques												
Av. Size	22.2	-	22.7	-	22.9	-	22.0	-	22.8	-	22.5	-
Titre moyen												
Size dev.	1.56	2A	1.14	4A	1.14	4A	1.56	2A	1.54	2A	1.17	4A
Régularité du titre												
Even. I	16	4A	22	4A	12	4A	12	4A	18	4A	22	4A
Even. II	0	4A	0	4A	0	4A	0	4A	0	4A	0	4A
Neat. %	89	A	90	2A	89	A	90	2A	89	A	89	A
Low neat. %												
% de netteté minimum	85	2A	85	2A	84	2A	84	2A	82	A	85	2A
Clean. %												
% de propreté	89	A	90	A	90	A	92	A	88	A	88	A
	Val	Cl	Val	Cl	Val	Cl	Val	Cl	Val	Cl	Val	Cl
Max. dev.	2.5	1	1.8	1	1.7	1	2.3	1	3.2	1	1.6	1
Dev. Max.												
Even. III	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Win br. /h/10 skn.	6	4	8	5	0	1	5	3	7	4	0	1
Tena. (g/d)	3.8	1	4.0	1	3.9	1	3.6	2	3.9	1	3.8	1
Elon. %	22	1	24	1	23	1	21	1	24	1	24	1
% d'allongement												
Cohesion	48	2	36	3	50	2	67	1	65	1	26	3
(Stroke / Coups)												
Grade	B		C		B		B		B		C	
Classement												

Val : Value / Valeur. **Gr. :** Grade / Classement. **Cl.** Class / Catégorie.

T : Treated / Traité. **C :** Control / Témoin. **Av. Size:** Average Size / Titre moyen. **Size dev.** Size deviation / Régularité du titre. **Even. I:** Evenness I / Régularité I. **Even. II.** Evenness II / Régularité II. **Neat. %:** Neatness % / % de netteté. **Low neat. % /** Low Neatness % / % de netteté minimum.

Clean.% / Cleanness % / % de propreté. **Max. dev.** Maximum deviation / Variation maximum

Even .III . Evenness III. / Régularité III. **Win. Br. /h/10 skn.** Winding break/hour/10 skins / Ruptures du dévidage / heure / 10 flottes.

Tena (g/d): Tenacity / Ténacité. **Elon. %:** Elongation / Allongement.

Table VI. Cost economics of Sampoorna (for 100 dfls).

Tableau VI. Coût de Sampoorna (pour 100 pontes saines).

Items	Cost (Rs)
<i>Eléments</i>	<i>Coût (Rs)</i>
Cost of Sampoorna / <i>Coût de Sampoorna</i>	50.00
Cost of Sampoorna spray / <i>Coût de la vaporisation de Sampoorna</i>	80.00
Savings on leaf cost / <i>Economies par rapport au coût de la feuille</i>	450.00
Savings in labour cost / <i>Economies en coût de la main d'oeuvre</i>	240.00**
Total saving / <i>Economies totales</i>	560.00

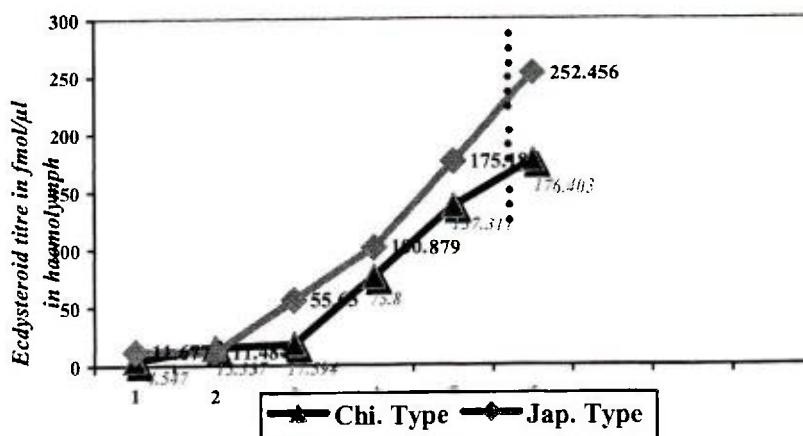


Figure 6. Mode of action of phytoecdysteroid at onset of spinning of bivoltine breeds.

Figure 6. Mode d'action d'une phytoecdystéroïde au début du filage chez les lignées bivoltines.

Chi. type : Chinese type / *Type chinois*. Jap. type : Japanese type / *Type japonais*.

Table VII. Cost benefit ratio of Sampoorina (For 100 dfls).**Tableau VII. Rapport bénéfice-coût de Sampoorina (pour 100 pontes saines).**

Item	Amount
Elément	Quantité (Rs)
Expenditure (100 dfls) / Dépenses (100 pontes saines)	130.00
Labour / Main d'oeuvre	80.00
Cost of Sampoorina / Coût de Sampoorina	50.00
Earning / Gains	887
Cost benefit ratio / Rapport bénéfice-coût	1:6.90

When this hormone reaches a critical concentration, the moulting/spinning process is initiated (Fukuda, 1940; Wigglesworth, 1972; Schooley 1977; Horn and Bergamasco, 1985; Sehna, 1989; Grieneisen, 1994). In a population, at a time, all the larvae have different endogenous ecdysteroid titer. Therefore, threshold level of ecdysteroid required for spinning will not be the same for all the larvae at the onset of spinning as dotted line shown in fig. 6. For example threshold level of 20-OH for spinning in one bivoltine breed is 252.4fmol/ μ l of haemolymph but some larvae in the population have below threshold level (Trivedy *et al.* 2000). At the onset of spinning exogenous application (orally fed) of ecdysteroid will enhance the ecdysteroid titer to reach quickly to its threshold level required for spinning. Presently it is available in market in the trade name of "Sampoorina". "Sampoorina" has made a profound influence on the commercial silkworm rearing by shortening the mounting duration and saving substantial amount of labour and time. The Sampoorina has been described as a boon to sericulture and also named as magic fluid by the Seri-farmers. The moulting hormone, 20-OHE, is the same in all insects, and this is also true in silkworms (*Bombyx mori*).

CONCLUSION

Sampoorina can be used for early and uniform maturation in any breed/hybrid and at any temperature. It saves labour in picking the matured worms. It reduces mounting period by 18 – 40 h from the onset of spinning. The cocoon characters are not affected, if larvae treated for uniform maturation *i.e.* at the onset of spinning. Sampoorina can be used as a crop saver. This can be used during shortage of mulberry leaf towards the end of rearing and on outbreak of disease incidence in the V instar. For early maturation, treatment should be done any day after completion of 3days in V instar. In case of crop saving treatment, two treatments are recommended one for early maturation and other for uniform maturation. For early maturation treatment there is reduction in the cocoon characters depending on the time of treatment.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their gratitude to the staff of Silkworm Physiology and Regional Sericultural Research Stations of CSRTI, Mysore India, thanks are due to CSTRI, Bangalore for post cocoon analysis and the thanks are due to M/S SERICARE, Bangalore, India.

REFERENCES

- ADLER J. H. AND GREBENOK R. J. (1995) Biosynthesis and distribution of insect-molting mones in plants- A review. *Lipids*. 30(3): 257-262.
- ANANTHARAMAN K. V., SHIVAKUMAR G. R. AND DATTA R. K. (1996) Phytoecdysteroid effect on maturation in silkworm, *Bombyx mori* L. *Insect Envt.* 2(1): 21-22.
- BANERJII A., CHINTALWAR G. J., JOSHI N. K. AND CHADHA M. S. (1971) Isolation of ecdysterones from Indian plants. *Phytochemistry*. 10: 2225-2226.
- CHANDRAKALA M. V., MARIBASHETTY V. G. AND JYOTHI H. K. (1998) Application of phytoecdysteroids in sericulture. *Curr. Sci.* 74: 341-346.
- CHOU W. S. AND LU H. S. (1980) Growth regulation and silk production in *Bombyx mori* L., from Phytoecdysteroids. In *Progress in ecdysone research*. Ed. J. A. Hoffmann, Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam. pp 281-297.
- CHOW-WEI-SHAN (1980) Growth regulation and silk production in *B. mori* L. from phytophagous ecdysone. In *progress in ecdysone research* Halfmann Elsevier Holland, Biomedical press, New York; pp. 281-297.
- FUKUDA S. (1940) Hormonal control of moulting and pupation in the silkworm. *Proc. Imperial Acad. Jpn.*, 16: 417-420
- GRIENEISEN M. L., (1994) Recent advances in our knowledge of ecdysteroid biosynthesis in insects and crustaceans. *Insect Biochem. Mole. Biol.* 24(2): 115-132.
- HETRU C. AND HORN D. H. S. (1980) Phytoecdysteroids and Zooecdysteroids. In *Progress in Ecdysone Research* Ed. Hoffman, J.A. Elsevier/ North Holland Biomedical Press, Amsterdam, pp 13-28
- HIKINO H. AND TAKEMOTO T. (1974) Ecdysones of plant origin. In *Invertebrate Endocrinology and Hormonal Heterophyly* Ed. Burdette, W. J. Springer- Verlag, New York, pp 185-203.
- HOFFMANN J. A. AND HETRU C. (1983) Ecdysone. In *Endocrinology of insects* Ed. R.G.H. Downer and H. Laufer, Alan R. Liss Inc., New York. . pp. 65-88.
- HORN D. H. S. AND BERGAMASCO R. (1985) Chemistry of ecdysteroids. In *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology*. Ed. G. A. Kerkut and L.I. Gillbert, Pergamon Press, Oxford, Vol. VII. pp. 186-248.
- IMAI S., TOYOSATO T., SAKAI M., FUZIOKA S., MURATA E. AND GOTO M. (1969) Isolation of cyasterone and ecdysterone from plant materials. *Chem. Pharm. Bull. (Japan)*. 17: 340
- KOBAYASHI M., NAKANISHI K., AND KOREEDA, M. (1967) Activity of ponasterone on *Musca domestica* and *Bombyx mori*, *Steroids*, 9: 529.
- LAFONT R. (1998) Phytoecdysteroids in the World Flora: diversity, distribution, biosynthesis and evolution. *Russian Journal of Plant Physiology*, 45, 276-295.
- LI X., ZHU, J. AND HUI S. (1992) Studies on improving the mounting rate of partitioner cocooning frame by using ecdysone. *Bull. Seric.* 23(1): 23-26.
- MARIBASHETTY V. G., CHANDRAKALA M. V. AND JYOTHI H. K. (1997) Phytoecdysteroid and their application in sericulture. *Bull. Seric. Res.* 8: 43-47.
- NAKANISHI K., KOREEDA M., SAKAKI S., CHANG M. L. AND HSU H. Y. (1966) Insect hormones. The structure of Ponasterone A, an insect moulting hormone from the leaves of *Podocarpus nakaii* Hay. *Chem. Commun.* 24: 915-917
- NOVAK V. J. A. (1975), *Insect hormones* (4th edition); Chapman and Hall London, pp.1-600.
- SCHOOLEY D. A. (1977) Analysis of the naturally occurring juvenile hormones –their isolation, identification and titer determination at physiological levels. In *Analytical Biochemistry of Insects* Ed. R.B. Turner, Elsevier, New York. pp. 241-287
- SEHNAL F. (1989) Hormonal role of ecdysteroids in insect larvae and during metamorphosis. In *Ecdysone: From chemistry to Mode of Action* Ed. J. Koolman, Thieme Medical Publishers, New York. pp 271-278
- SHIRAI Y., AIZONO Y., IWASAKI T., YANAGIDA A., MORI H., SUMIDA M. AND MATSUBARA F (1992) Prothoracicotropic hormone is released five times in 5th larval instar of silkworm, *Bombyx mori*. *J Insect Physiol.* 39(1): 83-88

- SHIVKUMAR G. R., RAMAN K. V. A., MAGADUM S. B., DATTA R. K., HUSSAIN S. S., BANERJI A. AND CHOWDHARY S. K. (1995) Effect of phytoecdysteroid on larval maturation and economic parameters of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Indain J. seric.*, 34(1): 46-49.
- SHIVKUMAR G. R., ANANTHARAMAN K. V., MAGADUM S. B., DATTA R. K., HUSSAIN S. S., BANERJI A. AND CHOWDHARY S. K. (1996) Effect of phytoecdysteroids on the spinning, cocoon and reeling parameters of the silkworm, *Bombyx mori*, L. *Allelopathy J.* 3(1): 71-76.
- SLAMA K. ABUBAKIROV N. K., GOROVITS M. B., BALTAEV U. A. AND SAATOV Z. (1993) Hormonal activity of ecdysteroids from certain Asiatic plants. *Insect Biochem. Molec. Biol.* 23(1): 181-185.
- TRIVEDI K., PORCHERON P., NAIR K. S., AHSAN M.M. AND DATTA R.K. (2000). Developmental profiles of ecdysteroid titre in the ultimate larval instar of six breeds of silkworm *Bombyx mori* L. *Proc. Nat. Acad. Sci. India.* 70(B)I: 33-40.
- WIGGLESWORTH V. B. (1972) *Insect hormones.* Oliver and Boyd, Edinburgh. pp. 27.
- ZHUANG D. H., XIANG M. AND GUI Z. Z. (1992) The practical studies on the growth and development by insect hormones in the silkworm *Bombyx mori*. XIX Int. Cong. Entomol. Beijing, China.

UTILISATION DE PHYTOECDYSTEROÏDE EN SERICICULTURE

KANIKA TRIVEDY, S. NIRMAL KUMAR & S. B. DANDIN

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, Inde.

*L'administration exogène d'un analogue d'hormone juvénile et d'hormones ecdystéroïdes peut être un outil pour la gestion de l'élevage dans la sériciculture. Les changements qu'elle apporte sont purement physiologiques et limités à une génération en particulier. Une plante appartenant aux Caryophyllaceae, **Silene gallica** contient la quantité la plus importante (0,1 % de matière sèche) d'ecdystéroïde à la fois parmi les plantes que nous avons évaluées et parmi les plantes rapportées jusqu'à présent en Inde. De plus, nous avons mis au point une procédure d'extraction efficace et nous avons recommandé des directives d'application précises. L'objectif de cette technologie est d'accélérer les étapes de la maturation chez le ver à soie, pour synchroniser les activités de filage et raccourcir la durée de la montée à la fois chez les races pures et les hybrides du ver à soie, **Bombyx mori**. On recommande un traitement au début du filage, pour une maturation uniforme. Chez les lots traités, tous les vers mûrissent en 18-24 h tandis que le témoin prend 48 à 72 h pour une maturation complète. On n'observe pas d'effet adverse significatif sur les caractères du cocon et sur l'obtention d'œufs. De plus, on recommande aussi cette technologie en cas d'urgences comme le manque de feuilles ou l'éruption de maladies. On peut vaporiser l'hormone n'importe quel jour après le 3^{ème} jour du 5^{ème} âge. Cela peut sauver la récolte à un certain degré en induisant une maturation précoce. Dans de tels cas, on recommande deux doses, l'une pour l'induction du filage et l'autre pour une maturation uniforme. Cependant, on a observé qu'avec ce processus, il se produit une baisse des caractères du cocon en raison du raccourcissement de l'âge larvaire. Nous avons testé la technologie pour toutes les combinaisons d'hybrides et à tous les régimes de température.*

INTRODUCTION

La sériciculture combine les caractéristiques d'une agriculture rurale et d'activités de type industriel. Plusieurs technologies allant du sol à la soie sont mises au point pour améliorer ces aspects. A l'heure actuelle, l'industrie a besoin d'un dispositif économisant la main d'œuvre et débouchant sur une soie de qualité. La croissance et le développement du ver à soie sont contrôlés par des hormones telles que l'ecdysone sécrétée par la glande prothoracique et l'hormone juvénile (JH) sécrétée par les *corpora allata*. L'ecdysone est une hormone de mue sous forme inactive convertie en 20-OH-Ecdysone quand elle est activée (Fig. 1). L'administration exogène de ces hormones peut être un outil pour la gestion de l'élevage en sériciculture. L'un des plus gros problèmes que l'on rencontre dans l'élevage du ver à soie pendant la dernière phase est la maturation non uniforme des vers surtout pendant les mois les plus froids. Dans les pratiques normales de l'élevage du ver à soie, les fermiers doivent recueillir et faire monter les vers à soie au moment même où ils mûrissent et le processus de montée dure 2 à 3 jours ou même plus. Cela demande beaucoup de temps, de main d'œuvre, de feuilles de mûrier supplémentaires, qui entraînent des coûts de production plus élevés et des difficultés de vente et le prolongement de l'opération de grainage, au cours de laquelle des graines sont produites. Ce problème est principalement dû au titre de la 20-OH ecdysone dans une population de vers à soie, qui n'atteint pas le titre optimum nécessaire au filage. N'importe quel changement du

titre de l'hormone est limité à une génération en particulier et entraîne des modifications purement physiologiques et comportementales. Des études récentes ont démontré que l'administration judicieuse de phytoecdystéroïde peut accélérer les étapes de la maturation et synchroniser les activités de filage chez le ver à soie, *Bombyx mori*. Un autre problème est la perte occasionnelle de récoltes, due à un manque imprévu en feuilles de mûrier ou à l'éruption soudaine de maladies pendant la dernière phase de l'élevage, que l'on peut aussi résoudre en provoquant une maturation précoce dans la population (Zhuang et coll., 1992). En administrant l'hormone de mue, quand les vers à soie sont sur le point de filer, on a constaté que le filage est plus ou moins simultané, ce qui permet une amélioration de l'efficacité de la montée et de l'uniformité de la nymphose (Li et coll., 1992 ; Zhuang et coll., 1992). L'ecdystéroïde est synthétisée par certaines plantes comme mécanisme de défense et elle est présente en grandes quantités. La phytoecdystéroïde est bien plus active que la zooecdystéroïde. Elle résiste au mécanisme de détoxication de l'insecte dans une large mesure.

En Chine, on extrait l'ecdystéroïde de plantes disponibles localement et elle est vendue en grandes quantités pour la maturation larvaire précoce ou uniforme. On utilise aussi les phytoecdystéroïdes sur le plan commercial pour augmenter la productivité de la sériciculture (Chou et Lu, 1980 ; Zhuang et coll., 1992). Shivikumar et coll., (1995, 1996) ont fait les premiers efforts pour utiliser des extraits bruts en sériciculture. Anantharaman et coll., 1996 ; Maribashetty et coll., 1997 et Chadrakala et coll., 1998 ont rapporté des observations similaires. Des ecdystéroïdes variées ayant des activités d'hormones de mue chez les insectes ont été isolées à partir de plantes (Novak, 1975 ; Chow-wei-shan, 1980 ; Slama et coll., 1993). Les plantes, à la différence des insectes, sont capables de biosynthétiser les ecdystéroïdes à partir de l'acide mévalonique et on a démontré dans plusieurs cas que la biosynthèse des phytoecdystéroïdes pourrait passer par les stérols (Adler et Grebenok, 1995). Nakanishi et coll., (1966) ont isolé quatre types de stéroïdes avec une activité d'hormone de mue à partir d'une plante *Podocarpus nakaii*, qui sont nommées Ponasterone A, B, C et D. Cette découverte a entraîné de nombreuses études, qui ont révélé un nombre surprenant de substances chimiques, avec une activité ecdystéroïde chez plusieurs espèces de Farnes et d'angiospermes (Kobayashi et coll., 1967 ; Imai et coll., 1969 ; Hikino et Takemoto, 1974 ; Hetru et Horn, 1980, Lafont 1998). La 20-hydroxy ecdysone (20-OHE) est la phytoecdystéroïde la plus répandue et on a constaté que de nombreuses plantes dans le sud de l'Inde comme *Achyranthus aspera* et *Trianthema portulacastrum* contiennent ce composant (Banerjee et coll., 1971). On rapporte que les phytoecdystéroïdes sont présentes chez plus de 120 familles de plantes (Adler & Grebenok, 1995). On a rapporté la biosynthèse de la polypodine B et de la 20-hydroxyecdysone chez *Spondia oleracea* (épinard). La technologie actuelle, rapportée dans cette étude, est aussi basée sur la présence de la 20-hydroxy ecdysone dans le produit.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons identifié et recueilli 49 espèces de plantes appartenant aux familles des Amaranthaceae, Aizoaceae, Coniferaceae, Convolvulaceae, Chenopodiaceae, Commelinaceae, Caryophyllaceae, Compositae et Labiateae dans les plaines et à altitude élevée dans le sud de l'Inde. Le processus consiste dans l'extraction du composant avec un solvant organique polaire et à la partition dans le solvant à partir des plantes entières séchées. On identifie la présence de 20-OHE dans l'extrait par TLC, en comparant à la 20-OHE standard obtenue auprès de Sigma. On purifie la 20-OHE dans l'extrait par chromatographie sur colonne et chromatographie préparatoire sur couche mince et on la quantifie par HPLC. L'analyse quantitative indique que ces plantes contiennent 0,001 à 0,1 % de 20 OHE. On trouve la quantité la plus importante d'ecdystéroïde (0,1 % de matière sèche) dans la plante *Silene gallica* appartenant à la famille des Caryophyllaceae. C'est la quantité maximum d'ecdystéroïde parmi les plantes rapportées jusqu'à présent en Inde. Pour la première fois, on a identifié un matériel source viable, *Silene gallica*, qui est présent en abondance dans les Nilgiris et que l'on peut également cultiver. Cent kg de mauvaises herbes sèches donnent 100 g d'ingrédient actif, ce qui

et la vente. Le produit est recommandé dans deux buts ; d'abord pour synchroniser l'activité de maturation et pour obtenir un filage uniforme (utilisation régulière). L'autre but est d'avancer les activités de maturation et d'accélérer le processus de filage du cocon surtout quand on prévoit une perte de récolte complète ou partielle soit à cause d'un manque de feuilles ou en raison de l'éruption d'une maladie (utilisation pour sauver la récolte).

Les expériences suivantes ont été réalisées en laboratoire :

Expérience 1 :

Effet de la phytoecdystéroïde sur le début du filage chez l'hybride bivoltin du ver à soie, *Bombyx mori* L.

Expérience 2 :

Effet de la phytoecdystéroïde pour la maturation précoce de l'hybride bivoltin du ver à soie, *Bombyx mori* L.

Expérience 3 :

Effet de la phytoecdystéroïde sur le début du filage de lignées bivoltines pures du ver à soie, *Bombyx mori*.

Expérience 4 :

Effet de la phytoecdystéroïde sur la maturation précoce de lignées bivoltines pures du ver à soie, *Bombyx mori*.

Expérience 5 :

Effet de la phytoecdystéroïde sur différents hybrides multi × bi du ver à soie, *Bombyx mori*.

Expérience 6 :

Effet du traitement à la phytoecdystéroïde sur la maturité du ver à soie à différents régimes de température.

Pour cette étude, on utilise l'hybride du ver à soie CSR2 × CSR4 (bivoltin × bivoltin) le polyvoltin × bivoltin BL24 × *C. nichii*, PM × *C. nichii*, PM × CSR101, BL67 × CSR101, PM × CSR2, PM × NB4D2 et les races pures, c'est à dire, CSR2 et CSR4.

- On procède à l'administration de phytoecdystéroïde à 10 pontes saines pour chaque lignée et hybride au laboratoire, en conservant un nombre égal comme témoin positif et témoin négatif, c'est à dire sans traitement.

- On donne oralement en nourriture 1 mg d'ecdystéroïde / 400 larves en dose unique, c'est à dire 2,5 µg / larve.

- Pour la maturation uniforme, on vaporise la phytoecdystéroïde sur une nourriture fine au début du filage quand 3 à 5 % des vers dans un lot commencent à filer.

- Pour l'application de sauvegarde des récoltes (maturation précoce), on utilise la même dose et dilution de " phytoecdystéroïde " à chaque fois au bout de 72 h, 96 h et 120 h du 5ème âge en laboratoire à la fois pour les lignées pures CSR2, CSR4 et pour l'hybride CSR2 × CSR4.

- Pour le témoin positif (avec 50 mg de 20-hydroxy ecdysone purifiée dissoute dans 2 litres d'eau pour 50 pontes saines) au début du filage.

- On traite les cocons CSR2 et CSR4 pour le grainage et on recueille les observations sur les caractères du cocon, la fécondité et les données de dévidage chez les cocons hybrides.

- Pour l'expérience sur la température, on sélectionne un programme de trois températures, c'est à dire moyenne ($26 \pm 2^\circ \text{C}$), élevée ($31 \pm 2^\circ \text{C}$), faible ($20 \pm 2^\circ \text{C}$) et le témoin à température ambiante.

- On enregistre la durée et le pourcentage de maturation. On recueille, on évalue les cocons, et on les analyse statistiquement.

Au niveau des fermiers, on réalise les expériences suivantes :

Expérience 7 :

Performance de " Sampoorna " au niveau des fermiers par les Regional Research Stations du CSRTI, de Mysore.

Expérience 8 :

Etudes sur les paramètres de dévidage des lots traités avec " Sampoorna " au début du filage et des lots témoins.

- On utilise un flacon (10 ml) contenant 50 mg de 20-hydroxyecdysone de Sampoorna mélangé avec 2 litres d'eau pour traiter 50 pontes saines (20 000 larves) sur une surface de 300 m².

- On vaporise la solution diluée sur la nourriture en utilisant un vaporisateur à main.

- Après 6 à 8 h de traitement, quand cela est nécessaire, on donne un repas supplémentaire après la consommation complète des feuilles traitées.

- On utilise des encabanages pliants en plastique pour observer la montée des larves mûres.

- On maintient le même nombre de pontes saines comme témoin absolu sans aucun traitement et au même moment (avec le lot traité) on utilise des encabanages pliants en plastique pour observer la montée des larves mûres.

- On enregistre le temps nécessaire pour obtenir 100 % de maturation. On recueille, on évalue les cocons et on les analyse de manière statistique. On évalue les paramètres de dévidage.

RESULTATS ET DISCUSSION

Expérience 1 :

Avec le traitement de filage uniforme, 90,86 % des vers sont prêts à monter en 18 h tandis que chez le lot témoin, seulement 44 % des vers sont prêts à monter à ce moment. On observe la même tendance dans le cas des lots de témoins positifs (93,97 %). Généralement, quand environ 80 % des vers sont prêts, même les vers restants montent d'un seul coup. Pour atteindre 100 % de maturation, les lots traités et témoins prennent respectivement 24 h et 48 h (Fig. 2). On observe aussi l'effet du traitement sur les paramètres économiques comme le poids du cocon, le poids de la coque et la richesse soyeuse. Le traitement n'a pas d'effet significatif sur ces paramètres (Tableau I). Il est donc clair que

le début des traitements de filage n'a pas d'effet sur le cocon et le filament de soie soit sur les plans qualitatif et quantitatif.

Expérience 2 :

Pour un filage avancé (application pour sauvegarder les récoltes), on administre la phytoecdystéroïde au bout de 72h, 96 h et de 120 h pendant le 5^{ème} âge. Il en résulte que la durée larvaire du 5^{ème} âge pour 100 % d'achèvement du filage est écourtée de 30 à 40 h. La maturation précoce entraîne la diminution de la durée d'alimentation, ce qui entraîne une diminution marginale du poids du cocon et de la coque (Tableau I).

Expériences 3 et 4 :

Dans le cas des lignées pures CSR2 et CSR4, la durée de montée est écourtée de 18 à 24 h avec le traitement. On observe aussi une synchronisation similaire pour l'émergence du papillon. Les caractères du cocon diminuent, lorsqu'on réalise un traitement précoce et cela a aussi un effet sur la fécondité (Figs. 3 et 4 et Tableau II).

Expérience 5 :

On a étudié l'effet de la phytoecdystéroïde chez différents hybrides multi × bi du ver à soie, *Bombyx mori*, BL24 × *C. nichii*, PM × *C. nichii*, PM × CSR101, BL67 × CSR101, PM × CSR2, PM 3 × NB4D2 pendant les deux saisons, et l'on constate que les larves mûrissent 6h à 18 h plus tôt par comparaison au témoin (Tableau III). On en conclut que l'hormone fonctionne pour tous les hybrides.

Expérience 6 :

On réalise un traitement sur la maturité des vers à soie avec la phytoecdystéroïde à différentes températures, c'est à dire moyenne, élevée et basse chez les deux hybrides, et on les compare au témoin. On obtient 100 % de maturation avec une température élevée, moyenne et basse respectivement en 12 h, 30 h, et 36 h par comparaison au témoin qui prend 42 h (Fig. 6).

Expérience 7 :

On a testé la performance de " Sampoorna " chez 150 fermiers dans cinq Stations Régionales de Recherche du CSRTI, à Mysore. Les données moyennes pour tous les fermiers et pendant toutes les saisons révèlent que tous les traitements entraînent une maturation 14 à 26 h avant le témoin. Les résultats sont similaires à Salem, qui est l'endroit le plus chaud et à Coonoor, qui est l'endroit le plus froid situé dans le Tamil Nadu en Inde. Il est clair d'après cette étude que Sampoorna fonctionne à toutes les températures (Tableau IV).

Expérience 8 :

Au niveau des fermiers, on prend trois lots de cocons du poly × bivoltin, PM × CSR2 traités au " Sampoorna " au début du filage et des lots témoins pour une analyse en détail des paramètres de dévidage (Tableaux Va et b) qui révèle qu'il n'y a pas d'effet négatif de Sampoorna sur les paramètres du cocon, de dévidage et de qualité.

Jusqu'en 2004, on a utilisé " Sampoorna " pour traiter les vers de 5 768 480 pontes saines. En général, en administrant du " Sampoorna ", on peut économiser 560 Rs pour 100 pontes saines par des économies de main d'œuvre et de feuilles de mûrier (Tableau VI). Si le fermier dépense 1 Rs pour l'utilisation de Sampoorna, il obtiendra en retour 6,90 Rs en ratio coût-bénéfice (Tableau VII). La réponse des fermiers à cette technologie prouve qu'il existe quelque chose au-delà de cette économie. Le soulagement de la montée libre est un facteur bien apprécié, qui conforte l'utilisation étendue de " Sampoorna " pour synchroniser les activités de filage et obtenir une montée rapide.

Le stérol (ou hydroxystéroïde) des plantes se convertit en stérol animal chez les espèces phytophages comme *B. mori*, ou en d'autres termes les vers à soie ne peuvent pas synthétiser les

précurseurs de l'hormone de mue à nouveau et il dépend donc du stérol alimentaire présent dans sa nourriture (Hoffmann et Hetru, 1983). Les MHs (hormones de mue) sont de nature hydrophilique en raison d'un certain nombre de groupes hydroxy présents sur la molécule. Les analogues de ces hormones ne peuvent donc pas pénétrer la cuticule de l'insecte. Ainsi dans cette étude, on la recommande en application orale. La neurohormone du cerveau ou hormone prothoracicotropique (PTTH) entre dans l'hémolymph par l'ensemble des *Corpus cardiacum* (CC) et des *Corpus allatum* (CA) et stimule les glandes prothoraciques pour synthétiser et sécréter l'ecdysone, une prohormone (Shirai et coll., 1992). Aux sites périphériques, l'ecdysone est convertie en hormone de mue, la 20-hydroxy ecdysone (ecdysterone).

Quand cette hormone atteint une concentration critique, le processus de montée / de filage commence (Fukuda, 1940 ; Wigglesworth, 1972 ; Schooley, 1977 ; Horn et Bergamasco, 1985 ; Sehna, 1989 ; Grieneisen, 1994). Dans une population, à un moment donné, toutes les larves ont un titre d'ecdystéroïde endogène différent. Ainsi, le niveau seuil d'ecdystéroïde nécessaire pour le filage ne sera pas le même pour toutes les larves au début du filage comme le montre la ligne en pointillés dans la figure 6. Par exemple, le niveau seuil de 20-OH pour le filage chez une lignée bivoltine est de 252,4 fmol / μ l d'hémolymph, mais certaines larves dans la population ont un niveau en dessous du seuil (Trivedy et coll., 2000). Au début du filage, l'application exogène (par voie orale) de l'ecdystéroïde améliore le titre d'ecdystéroïde pour atteindre rapidement son niveau seuil nécessaire pour le filage. A l'heure actuelle, elle est disponible sur le marché sous le nom commercial de "Sampoorna". "Sampoorna" a eu un impact important sur l'élevage commercial du ver à soie en raccourcissant la durée de la montée et en économisant une quantité importante de main d'œuvre et de temps. On a présenté le "Sampoorna" comme un bonus pour la sériciculture et les fermiers séricicoles l'appellent aussi "fluide magique". L'hormone de mue, la 20-OHE, est la même chez tous les insectes, et cela concerne aussi les vers à soie (*Bombyx mori*).

CONCLUSION

On peut utiliser "Sampoorna" pour une maturation précoce et uniforme chez n'importe quelle lignée / hybride et à n'importe quelle température. Elle permet d'économiser de la main d'œuvre pour ramasser les vers matures. Elle diminue la période de montée de 18 à 40 h à partir du début du filage. Les caractères du cocon ne sont pas affectés si les larves sont traitées pour une maturation uniforme, c'est à dire au début du filage. On peut utiliser Sampoorna pour sauvegarder les récoltes, c'est à dire pendant un manque de feuilles de mûrier vers la fin de l'élevage et lors de l'éruption de maladies au 5^{ème} âge. Pour la maturation précoce, il faut procéder au traitement n'importe quel jour après l'achèvement des trois premiers jours du 5^{ème} âge. Dans le cas d'un traitement de sauvegarde des récoltes, on recommande deux traitements, l'un pour une maturation précoce et l'autre pour une maturation uniforme. Avec le traitement de maturation précoce, il se produit une baisse des caractères du cocon en fonction de la période de traitement.

CONSTRUCTION OF A DATABASE FOR MULBERRY FIELD SOILS – “SOIL DATABASE”

P. K. SAMBRANI & H. B. MANJUNATHA*

Department of Sericulture, Karnatak University, Dharwad 580 003, Karnataka, India.

We have presented here a novel approach to address the problems that are related to mulberry garden soils by constructing a “Soil Database”. This piece of information can be accessed on <http://www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE>. The database was constructed using HTML as base software with suitable modification as per our specific requirement. Appropriate linkages were established to navigate from one webpage to others. The primary goal of “Soil Database” is to provide a convenient environment to retrieve information on a mouse click for physical and chemical properties of mulberry field soils in order to take follow-up actions by the sericulturists, government authorities or non-government organizations (NGO's). We propose this as model platform for deciphering new technologies to achieve sustainable sericulture in India and in any other developing countries.

Keywords: Soil database, HTML, *Morus* spp., physical and chemical properties.

INTRODUCTION

It is well-known that the mulberry, *Morus* spp. the sole food for the silkworm, *Bombyx mori* L. grows faster and puts up luxuriant biomass under optimal agronomical conditions. Undoubtedly, it responds extremely well to fertilizer inputs at optimal soil moisture conditions (Chung *et al.*, 1980). So, in order to make silkworm rearing and cocoon production remunerative it becomes imperative that the mulberry leaves fed to the silkworm are fresh and nutritious (Chaluvachari and Bongale, 1995). Yet there is a wide gap between the actual yield realized in the farmers' field and the production level possible with the adoption of new technologies.

Importance and need for the assessment and mapping of soil fertility status of crop fields have been widely emphasized in the context of sustainability of crop production (Anonymous, 1996; Singh and Dwivedi, 1996). The relation between soil fertility and leaf quality parameters (Bongale *et al.*, 1993; Rupa *et al.*, 1993), deficiencies of Mn and S (Bongale *et al.*, 1996), K (Bongale, 1997), N, P and Mg in some important areas of mulberry cultivation (Bongale and Lingaiah, 1998) were reported to address the critical factors that govern the fertility status of mulberry field soils and their impact on cocoon production.

In recent days information technology (IT) resolution has resulted in information explosion on the Internet. The Internet and web have been using as platform to address all kinds of problem and to communicate the possible solution on “mouse click based approach”. With the onset of Internet related information sources, access to Internet through personal computers and mobiles has revolutionized the search of desired information and this is found to be very handy for every one. In view of this Magadam *et al.*, (2005) made an attempt to enlighten the importance of digital libraries

* Author for correspondence.

in silk industry and e-learning sericulture was initiated to clarify the queries of farmers (Sarkar, 2005). For the benefit of users the sericulture and soil related websites are consolidated and presented in Table I.

A 'Database' is a collection of information and is responsible for maintenance of information more systematically that can be accessible by the needy people with ease. In the light of advantages, different organizations have set up their own databases. The Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences has successfully completed production of a 1:1,000,000 digital soil map of China (Shi Xuezheng *et al.*, 2005). The European soil database consists of number of databases namely, Soil Geographical Database of Eurasia (SGDBE), Pedo Transfer Rules Database (PTRDB), Soil Profile Analytical Database of Europe (SPADBE) and Database of hydraulic properties of European soils (HYPRES) (www.eusoils.jrc.it). Keeping these developments and importance of soil database in view, we constructed a database of mulberry field soils with a novel approach to address the problems associated with soil fertility in the mulberry fields.

MATERIALS AND METHODS

The 'Soil Database' was constructed in our laboratory by using HTML (Hyper Text Markup Language) as base software and was made user-friendly for easy access. During construction of the database we followed several strategies with suitable link buttons to the related web pages to navigate from each to others.

The soil samples of all the mulberry fields located under Dharwad zone (District) of North-Karnataka were collected as per the standard procedure (Mukund, 1997). Based on the soil type, elevation and appearance, which are visibly different the land was divided into 5 to 6 sub-plots in a zigzag fashion. Samples were collected from 3 to 5 spots in each sub-plot. A 'V' shaped pit of 30 cm depth was made with a spade at the sampling spot and samples were collected from three levels i.e., from surface, at 0-30 cm and 30-60 cm depth after clearing weeds and dirt. A quantum of 250 to 500 gm of soil was collected by evenly scraping the sides of the pit. The soil sample collected from different spots in each sub-plots was mixed thoroughly and dried under shade by removing all the pebbles and other unwanted materials. Further powdered sample was sieved with sieve plate of 2 mm size and packed separately in polythene/cotton bag and closed. These soil samples were subjected to mechanical and chemical analysis and cataloged. Sand, silt and clay percentages were analyzed by hydrometer method (Poleshi *et al.*, 1998), Water Holding Capacity (WHC) by Keen's cup method (Poleshi *et al.*, 1998), pH, Organic Carbon (OC), Electrical Conductivity (EC), available nitrogen (N), phosphorus (P₂O₅) and potassium (K₂O) were estimated by following the standard procedures as designed by Poleshi *et al.*, 1998 and Jackson (1973). All the data were subjected for statistical analysis to determine their standard deviation.

For the first time we have employed a cataloging system for soil samples collected from mulberry fields with appropriate codes for each soil samples. The first letter in the abbreviated code stands for the place, second letter denotes whether it is seed cocoon production area or commercial cocoon production area, the third letter represent the farmer name and the numerical number explicit soil sample number.

For example, DBM01 stands for D-Dharwad, B-Bivoltine seed area, M-Menasinakai P., the numerical number 01 refers to soil sample number. Different sample number was maintained throughout to differentiate soil samples collected from different mulberry fields either of same village or of the other. The cataloging code (abbreviated) was used as an accession number in the classification chart prepared in the present study for the first time. This classification chart was prepared based on standard ratings suggested for good growth and development of mulberry (Bongale, 2001).

RESULTS AND DISCUSSION

The information on structure and fertility status of mulberry field soils of Dharwad district, Karnataka, India was deposited in the "Soil Database" that was constructed by using HTML software. The information can be accessed on the website <http://www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE>(Fig.1).

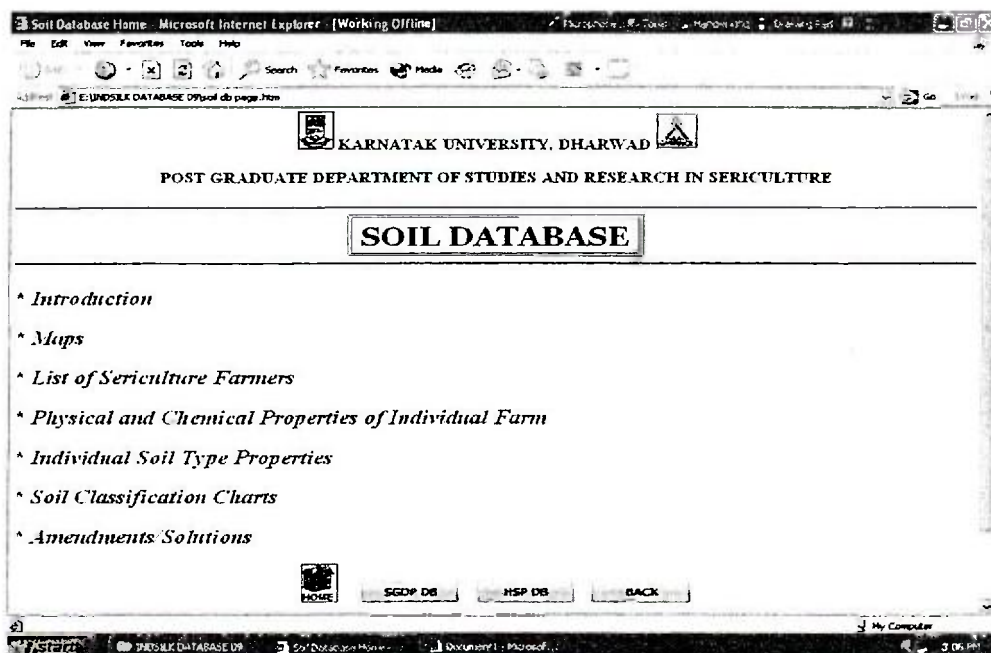


Figure 1.

Chiefly, a database is the collection of useful information, managing and processing for smooth functioning as well as planning of the organization/ industry. Here we have followed several strategies to support the organization of soil database from main register to secondary memory and in different types of file organization. For comparative analysis the other available websites related to sericulture industry and soil database are presented in Table I.

The present "Soil Database" starts with a homepage containing introduction that emphasizes the significance, aims and approaches of the database. Maps of Karnataka and Dharwad District have clear outlines and links to access. The list of sericulturists contains the names of farmers who are practicing sericulture along with their accession numbers and places and they are grouped into their respective taluk. The link was established at zone (district) level to get list of sericulturists in that area. The link was provided at farmers name to get the details of soil properties. Another link established for physical and chemical properties of individual farm is accessible from the home page. A provision was also made to know the properties of individual soil type belonging to different areas. Based on standard ratings that were recommended for good growth and development of mulberry (Bongale *et al.*, 2001), all the data were analyzed and grouped accordingly. Only accession number

of each soil type was entered in it and link was established to each to get all the details of that particular accession. Towards corrective measure, the properties of soils that are not suitable for mulberry cultivation as per standard rating, a link was provided under Amendment/ Solutions at homepage and at the end of individual table/page for follow-up actions. Appropriate link buttons were also provided in each webpage to navigate from one to other and even back.

It is inferred from the present investigation that in Dharwad 24, 64 and 12 percent of soil samples exhibited acidic, normal and alkaline pH. 24 and 76 percent of soils have low and medium organic carbon (OC). Electrical conductivity (EC) was normal in all the samples. The available nitrogen (N) was found low, medium and high respectively in 20, 68 and 12 percent of soils. The available phosphorus (P) was medium and high in 68 and 32 percent soil samples. The available potassium (K) found in 8, 64 and 28 percent samples were low, medium and high respectively.

Table I. Websites for sericulture and soil related databases.

Tableau I. Sites web pour la sériciculture et bases de données concernant le sol.

Bangladesh	http://www.saic-dhaka.org
China / Chine	http://www.zas.ac.cn
China / Chine	http://www.issas.ac.cn
France	http://www.iso.ch
India / Inde	http://www.apsrdi.org
India / Inde	http://www.csrtiber.res.in
India / Inde	http://www.csrtimys.res.in
India / Inde	http://www.cssiwb.org
India / Inde	http://www.exportersindia.com
India / Inde	http://www.fabrics.net
India / Inde	http://www.ignca.nic.in
India / Inde	http://www.indiansilk.kar.nic.in
India / Inde	http://www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE
India / Inde	http://www.mizoram.nic.in
India / Inde	http://www.planningcommission.nic.in
India / Inde	http://www.reshme.com
India / Inde	http://www.seringl.nic.in
India / Inde	http://www.silkgermplasm.com
India / Inde	http://www.silkpec.com
India / Inde	http://www.texmin.nic.in
Japan / Japon	http://www.silk-shinshu-u.ac.in
Japan / Japon	http://www.jassilks.com
Thailand / Thaïlande	http://www.sunsite.au.in

1.47, 97.06 and 1.47 percent of soil samples exhibited acidic, normal and alkaline pH. 16.18, 83.32 percent soils have low and medium OC. Electrical conductivity was normal in all samples. The available N in 16.18, 66.18 and 17.64 percent samples was low, high and medium respectively. The

available P was medium and high in 41.17 and 58.53 percent samples. The K content was found low, medium and high in 17.69, 48.53 and 33.83 percent soil samples in Hubli.

14.28 and 85.72 percent Kalghatagi mulberry field soil samples exhibited acidic and normal pH. 30.35 and 69.65 percent soils have low and medium OC. Electrical conductivity was normal in all the samples. The N value found in 25, 69.65 and 5.35 percent soil was low, medium and high respectively. The available P from 1.78, 75 and 23.22 percent soil was low, medium and high respectively. The available potassium from 8.92, 66.08 and 25 percent soil samples was low, medium and high respectively (the information of other district/areas will be uploaded shortly. For details -www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE).

Thus the sericulturists in these areas should no more follow the standard package of practices instead they can follow a suitable individual package of practices to overcome the excess application of nutrients where the soil is already rich in such nutrient. Because the higher values of P content in the soil sample is attributed to have possible effect on lower levels of available zinc (Bongale and Lingaiah, 1998). Further availability of Zn and Mn was reduced with the addition of excessive quantum of N, P, K, (Kehr, 1993). On the other hand they can compensate by applying the nutrients to the soil, as it is less for good growth and development of mulberry. In order to facilitate the appropriate use and uptake of nutrients by the mulberry plant, other supplementary soil properties like pH, organic carbon etc. need to be addressed as per our soil based nutrient package under reclamation measures as presented under Amendment/Solution web page (www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE).

Thus the main aim of constructing a "Soil Database" for mulberry field soil is not only to provide a convenient environment to retrieve all these information on mouse click by the farmers but also for planning the follow-up action, either by the sericulturists or government authorities or non-government organizations (NGO's) for sustainable sericulture industry in India/any other developing countries. This database is also applicable for scientific research and is also an indispensable fundamental data in conducting national and regional modernized seri-production and rational exploitation of land.

ACKNOWLEDGEMENTS

Sambrani P.K. is highly thankful to Karnatak University, Dharwad for awarding research fellowship. Thanks to Dr. J.S. Bhat, Dept. of Physics, Karnatak University, Dharwad for support in uploading database information to university website.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1996) Soil Agronomy and Agro-forestry. In: ICAR Now and Ahead, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp. 168.
- BONGALE U.D. (1993) Fertility evaluation and fertilizer recommendations for mulberry garden soils. *Indian Silk*, 31(9): 5-8.
- BONGALE U.D. (1997) Potassium deficiency symptoms in certain important varieties of mulberry (*Morus* spp.) under field plantations in Karnataka. *Indian J. Seric.*, 36 (1): 78-80.
- BONGALE U.D. (2001) News bulletin, Karnataka State Sericulture Research and Development Institute.
- BONGALE U.D. & Lingaiah (1997) Soil micronutrients status of mulberry gardens in relation to the pH and organic carbon contents. *Indian J. Seric.*, 36(1), 74-77.
- BONGALE U.D. & Lingaiah (1998) Soil fertility and correlations among fertility parameters in mulberry garden soils. *Indian J. Seric.*, 37(1), 81-84.
- BONGALE U.D., KRISHNA, M. & CHALUVACHARI (1996) Effect of multinutrient foliar spray on chlorosis in M5 variety of mulberry. *Indian J. Seric.*, 35(1):9-12.

- BONGALE U.D , CHALUVACHARI, LINGAIAH, RAO, B.V.N. & MALLIKARJUNAPPA R.S. (1993) Leaf quality evaluation of mulberry gardens in Karnataka. Trends in Life Sciences (India), 8(1): 33-37.
- CHALUVACHARI & BONGALE U.D. (1995) Evaluation of leaf quality of some germplasm genotypes of mulberry through chemical analysis and bioassay with silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 34(2): 127-132.
- CHUNG W., KIN W.C., PARK J.K. & CHUNG K. (1980) Effect of inorganic nutrients on growth of mulberry and soil on mulberry field in Gyeong area. Korea Rep. Rural Dev., 22: 31-35.
- JACKSON M.L. (1973) Soil chemical analysis, Prentice Hall of India Ltd., New Delhi.
- KEHR D. (1993) Effect of continuous liming manuring and cropping on DTPA extractable micronutrients. J. Indian Soc. Soil Sci., 41(2): 366-367.
- MAGADUM S.B., KAMBLE C.K., SINGH O.R.N. & DODDANARASIAH (2005) Digital libraries and silk industry. indian silk, 13-16.
- MUKUND K. V. (1997) Soil Sampling-Why, How and Where? Indian Silk, (May): 13-16.
- POLESHI C.M., GALI S.K. & KIRAN ANEGUNDI (1998) Soil and Plant Analysis, Laboratory Manual, Uni. of Agri. Sci., Dharwad.
- RUPA T.R., SHESHAGIRI RAOM. & SRINIVASA REDDY K. (1993) Nutrient content of mulberry (*Morus alba* L.) leaves as influenced by the soil properties. Indian J. Seric., 32(2): 225-227.
- SARKAR A. (2005) e-learning sericulture at CSRT&I, Berhampore. Indian Silk, 44(3):47.
- SHI XUEZHENG, YU DONGSHENG & PAN XIANZHANG (2005) Brief introduction to China's 1:1,000,000 Soil database and soil reference system. (www.issas.ac.cn).
- SINGH G.B. & DWIVEDI B.S. (1996) Integrated nutrient management for sustainability. Indian Farming, 46(8) 9-15.

CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNEES SUR LES SOLS DANS LES MURAIES - "SOIL DATABASE"

P. K. SAMBRANI & H. B. MANJUNATHA*

Department of Sericulture, Karnatak University, Dharwad 580 003, Karnataka, Inde.

Nous présentons ici une nouvelle approche pour répondre aux problèmes liés aux sols dans les muraies par la conception d'une " Base de données des sols ". On peut avoir accès à ces informations en consultant <http://www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE>. La base de données est construite en utilisant le langage HTML avec des modifications adaptées en fonction de nos besoins spécifiques. L'objectif principal de la " base de données des sols " est de fournir un environnement approprié pour trouver des informations sur les propriétés physiques et chimiques des sols dans les muraies d'un simple clic de souris de manière à ce que les sériciculteurs, les autorités gouvernementales ou les organisations non-gouvernementales (ONG) puissent entreprendre des actions de suivi. Nous proposons cela comme un modèle de plate-forme pour utiliser les nouvelles technologies dans le but d'aboutir à une sériciculture durable en Inde et dans n'importe quel autre pays en développement.

INTRODUCTION

Il est de notoriété que dans des conditions agronomiques optimales, le mûrier, *Morus* spp., l'unique nourriture du ver à soie, *Bombyx mori* L., croît plus vite et développe une biomasse luxuriante. Il répond, sans aucun doute, extrêmement bien aux apports d'engrais dans des conditions d'humidité du sol optimales (Chung et coll., 1980). Il devient donc impératif, pour que l'élevage du ver à soie et la production de cocons soient rémunérateurs que les feuilles de mûrier avec lesquelles on nourrit les vers à soie soient fraîches et nutritives (Chaluvachari et Bongale, 1995). Il existe, cependant, un écart important entre le rendement réel réalisé sur le terrain par les fermiers et le niveau de production possible avec l'adoption des nouvelles technologies.

On a beaucoup souligné l'importance et la nécessité d'évaluer et de dresser la carte de l'état de fertilité des sols des terrains cultivés dans le contexte de durabilité de la production des cultures (Anonyme, 1996 ; Singh et Dwivedi, 1996). On a rapporté que la relation entre la fertilité du sol et les paramètres de qualité de la feuille (Bongale et coll., 1993 ; Rupa et coll., 1993), les carences en Mn et en S (Bongale et coll., 1996), en K (Bongale, 1997), en N, en P et en Mg dans certaines zones importantes de la culture du mûrier (Bongale et Lingaiah, 1998) sont des facteurs critiques qui ont un effet sur l'état de fertilité des sols dans les muraies et un impact sur la production de cocons.

Récemment, le recours à la technologie de l'information a entraîné l'explosion de l'information sur Internet. On utilise Internet et le web comme une plate-forme pour aborder tous types de problèmes et pour communiquer les solutions possibles dans le cadre d'une " approche qui dépend d'un clic de souris ". Avec la création de sources d'information liées à Internet, l'accès à Internet grâce aux ordinateurs et aux portables personnels a révolutionné la recherche de l'information désirée et cela s'avère très pratique pour tout le monde. Compte tenu de cela, Magadum et coll., (2005) ont essayé de démontrer l'importance des bibliothèques numériques pour l'industrie de la sériciculture et on a

* Auteur auquel adresser la correspondance.

commencé l'apprentissage de la sériciculture par Internet pour répondre aux questions des fermiers (Sarkar, 2005). Pour aider les utilisateurs, les sites web liés à la sériciculture et au sol sont regroupés et présentés dans le Tableau I.

Une "base de données" est un recueil d'informations, maintenant l'information de manière plus systématique auquel peuvent avoir facilement recours les personnes qui en ont besoin. Compte tenu de ces avantages, différentes organisations ont créé leurs propres bases de données. L'Institut des Sciences du sol, de l'Académie Chinoise des Sciences a réussi avec succès la production d'une carte numérique du sol de la Chine au 1 : 1,000,000 (Xi Xuezheng et coll., 2005). La base de données européenne du sol consiste en un certain nombre de bases de données à savoir, la base de données géographique du sol en Eurasie (SGDBE), la base de données des règles de transfert pédologiques (PTRDB), la base de données européenne d'analyse des profils des sols (SPADBE) et la base de données des propriétés hydrauliques des sols européens (HYPRES) (www.eusoils.jrc.it). Compte tenu de ces développements et de l'importance des bases de données sur les sols, nous avons conçu une base de données sur les sols dans les muraies selon une nouvelle approche pour répondre aux problèmes associés à la fertilité du sol dans les muraies.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons conçu la "soil database" dans notre laboratoire en utilisant le langage HTML (Langage de Marquage Hyper Texte) et nous l'avons rendue d'une utilisation agréable pour faciliter son accès. Pendant la conception de la base de données, nous avons suivi plusieurs stratégies avec des boutons de liaison adaptés concernant les pages de liaison sur le web pour naviguer de l'une à l'autre.

Les échantillons de sol de toutes les muraies situées dans la zone de Dharwad (région du nord du Karnataka) sont recueillis d'après la procédure habituelle (Mukund, 1997). D'après le type, l'altitude et l'apparence du terrain, qui sont visiblement différents, on divise le sol en 5 à 6 sous-lots de terrain selon une conception en zigzag. On recueille des échantillons dans 3 à 5 endroits de chaque sous-lot. On creuse un trou en forme de V de 30 cm de profondeur avec une pelle à l'endroit de l'échantillonnage et on recueille les échantillons à trois niveaux c'est à dire à la surface, à 0-30 cm et à 30-60 cm de profondeur après avoir enlevé les mauvaises herbes et les saletés. On recueille une quantité de 250 à 500 g de sol en rejetant une quantité égale de sol de chaque côté du trou. On mélange avec soin l'échantillon de sol prélevé à différents endroits dans chaque sous-lot et on le sèche à l'ombre en enlevant tous les cailloux et autres matériaux indésirables. De plus, on filtre les échantillons réduits en poudre avec un tamis d'une maille de 2 mm et on les empaquette séparément dans des sacs en plastique / en coton. On analyse ces échantillons de sol sur les plans mécanique et chimique et on les catalogue. On analyse les pourcentages de sable, de limon, d'argile, par la méthode d'hydrométrie (Poleshi et coll., 1998) et la capacité de rétention de l'eau (WHC) par la méthode du gobelet de Kenn (Poleshi et coll., 1998). On estime le pH, le carbone organique (OC), la conductivité électrique (CE), l'azote disponible (N), le phosphore (P_2O_5) et le potassium (K_2O) en suivant les procédures habituelles conçues par Poleshi et coll., 1998 et Jackson (1973). On analyse toutes les données sur le plan statistique pour déterminer leur écart type.

Pour la première fois, nous avons employé un système de catalogage des échantillons de sol recueillis dans les muraies avec des codes appropriés pour chaque échantillon de sol. La première lettre du code abrégé représente le lieu, la deuxième lettre indique s'il s'agit d'une zone de production de cocons de grainage ou d'une zone de production de cocons commerciaux, la troisième lettre représente le nom du fermier et le chiffre, le numéro explicite de l'échantillon de sol.

Par exemple, DBM01 représente D- Dharwad, B- zone de grainage Bivoltine, M – Menasinakai P., 01 se réfère au numéro de l'échantillon de sol. On utilise différents numéros pour les échantillons de sol au cours de l'expérience pour différencier les échantillons de sols recueillis dans différentes muraies du même village ou dans un autre village. On utilise un code de catalogage

(abrégé) avec un numéro d'entrée dans le cadre du système de classification préparé pour la première fois pour cette étude. On conçoit le système de classification en fonction des classements habituels utilisés pour une bonne croissance et le bon développement du mûrier (Bongale, 2001).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les informations sur la structure et l'état de fertilité des sols dans les muraies de la région de Dharwad, dans le Karnataka en Inde ont été rentrées dans la "Soil Database" qui a été conçue en utilisant le langage HTML. On peut accéder à l'information sur le site web [http:// www. Kud.ernet.in/INDSILKDATABASE](http://www.Kud.ernet.in/INDSILKDATABASE) (Fig. 1).

En gros, une base de données est le recueil d'informations utiles que l'on gère et que l'on traite pour le bon fonctionnement et la planification de l'organisation / de l'industrie. Nous avons donc suivi plusieurs stratégies pour favoriser l'organisation d'une base de données du sol du registre principal à la mémoire secondaire et avec différents types d'organisation des dossiers. Pour l'analyse comparative, les autres sites web disponibles liés à l'industrie de la sériciculture et les bases de données des sols sont présentés dans le Tableau I.

Cette "Base de données des sols" commence par une page d'accueil qui contient une introduction présentant la portée, les buts et les approches de la base de données. Les cartes du Karnataka et de la région de Dharwad ont des contours clairs et montrent les liaisons pour y accéder. La liste des sériciculteurs contient les noms des fermiers qui pratiquent la sériciculture ainsi que leurs numéros d'ordre et les lieux d'où ils viennent et ils sont regroupés en fonction de leur taluk respectif. Un lien est établi au niveau de la zone (région) pour obtenir la liste des sériciculteurs dans cette zone. Un lien est aussi établi avec le nom des fermiers pour obtenir des informations concernant les propriétés des sols. Un autre lien concernant les propriétés physiques et chimiques de chaque ferme est accessible sur la page d'accueil. On a aussi créé une rubrique sur les propriétés individuelles des sols appartenant aux différentes zones. On analyse et on regroupe toutes les données d'après les classements habituels recommandés pour la bonne croissance et le bon développement du mûrier (Bongale et coll., 2001). On entre seulement le numéro d'ordre de chaque type de sol et un lien est établi pour obtenir toutes les caractéristiques concernant cette entrée. En guise de mesure corrective, pour les sols dont les propriétés ne conviennent pas selon les normes habituelles, un lien est fourni sous la rubrique Amendements / Solutions sur la page d'accueil et à la fin de chaque tableau / page pour des actions de suivi. On a aussi conçu des boutons de liaison appropriés sur chaque page web pour naviguer de l'une à l'autre et même en arrière.

Nous en déduisons d'après cette étude qu'à Dharwad, 24, 64 et 12 % des échantillons de sol présentent un pH acide, normal et alcalin. 24 et 76 pour-cent des sols ont un carbone organique (OC) faible et moyen. La conductivité électrique (EC) est normale dans tous les échantillons. L'azote disponible (N) s'avère faible, moyen et élevé respectivement dans 20, 68 et 12 pour-cent des sols. Le phosphore disponible (P) est moyen et élevé dans 68 et 32 pour-cent des échantillons de sol. Le potassium disponible (K) détecté dans 8, 64 et 28 pour-cent des échantillons est respectivement faible, moyen et élevé.

A Hubli, 1,47 ; 97,06 et 1,47 pour-cent des échantillons de sol présentent un pH acide, normal et alcalin. 16,18 ; 83,32 pour-cent des sols ont un OC faible et moyen. La conductivité électrique est normale dans tous les échantillons. Le N disponible dans 16,18 ; 66,18 et 17,64 % des échantillons est respectivement faible, élevé et moyen. Le P disponible est moyen et élevé dans 41,17 et 58,53 % des échantillons. La teneur en K s'avère faible, moyenne et élevée dans 17,69 ; 48,53 et 38,83 % des échantillons de sol.

14,28 et 85,72 % des échantillons de sol de la muraie de Kalghatagi présentent un pH acide et normal. 30,35 et 69,65 % des sols ont un OC faible et moyen. La conductivité électrique est normale dans tous les échantillons. La valeur N observée dans 25 ; 69,65 et 5,35 % des sols est respectivement faible, moyenne et élevée. Le P disponible dans 1,78 ; 75 et 23,22 % des sols est respectivement faible,

moyen et élevé. Le potassium disponible dans 8,92 ; 66,08 et 25 % des échantillons de sol est respectivement faible, moyen et élevé (l'information sur les autres régions / zones sera fournie bientôt. Pour des renseignements – www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE).

Les sériciculteurs dans ces zones ne devraient donc plus suivre l'ensemble habituel de pratiques, à la place ils peuvent suivre un programme individualisé de pratiques pour faire face à l'excès d'application de nutriments là où le sol est déjà riche en tel ou tel nutriment. Parce que l'on pense que des valeurs plus élevées en P dans les échantillons de sol ont un effet possible sur les niveaux plus faibles en zinc disponible (Bongale et Lingaiah, 1998). Par ailleurs, la disponibilité en Zn et en Mn diminue avec l'ajout d'une quantité trop importante de N, P, K, (Kehr, 1993). D'autre part, ils peuvent compenser en appliquant les nutriments dans le sol car il en faut moins pour la bonne croissance et le bon développement du mûrier. Pour faciliter l'utilisation et l'absorption appropriées des nutriments par les plants de mûrier, il faut aussi accorder une certaine attention à d'autres propriétés du sol comme le pH, le carbone organique comme l'indique notre programme de nutriments en fonction du sol dans le cadre des mesures d'amendement telles qu'elles sont présentées sur la page *webb Amendement / Solution* (www.kud.ernet.in/INDSILKDATABASE).

Le principal objectif de la " base de données des sols " pour les sols dans les muraies est donc non seulement la mise en place d'un environnement propice pour que les fermiers trouvent toutes ces informations par un simple clic de souris mais aussi la planification d'une action de suivi, soit par les sériciculteurs soit par les autorités gouvernementales soit par les organisations non-gouvernementales (ONG) pour une industrie durable de la sériciculture en Inde ou dans n'importe quel autre pays en voie de développement. Cette base de données a aussi des applications en matière de recherche scientifique ; elle est aussi un outil fondamental indispensable dans le cadre d'une séri-production nationale et régionale modernisée et d'une exploitation rationnelle de la terre.

ECONOMICS OF IRRIGATION IN MULBERRY : AN INVESTMENT EVALUATION OF ALTERNATIVE IRRIGATION METHODS IN MULBERRY PRODUCTION IN INDIA

N. SIDDALINGASWAMY¹, U. D. BONGALE¹ & B. V. CHINNAPPAREDDY²

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

2. Department of Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences, Bangalore – 560 065, Karnataka, India.

A field experiment was conducted with different methods of irrigation (furrow, drip and chapin tape) at three levels namely 0.3, 0.6 and 0.9 cumulative pan evaporation (CPE) / Pan evaporation (Epan) in two plant spacings (60 × 60 cm and 120 × 60 cm) of M-5 mulberry during 1998-2000 with a total of ten harvests. This covered four experimental harvests during non-rainy period. To work out the economics of different irrigation methods, mulberry leaf yield (pooled of five crops / year / hectare and average of two years) was considered as output. Evaluation of investment and economics of different irrigation systems was worked out by using discounted cash flow techniques and efficiency gain under different irrigation systems. In this study, it was found that by adopting drip and chapin tape irrigation methods in 60 × 60 cm spacing, 33-66% of water savings can be achieved with additional returns of Rs. 32,386 (U.S. \$ 704), Rs 63,178 (U. S. \$ 1,373), Rs 1,33,682 (U.S. \$ 2,906) in drip method and Rs 21,730 (U.S. \$472), Rs 47,908 (U.S. \$ 1,041), Rs 1,32,626 (U.S. \$2,883) in chapin tape method over furrow method in first, second and third cases respectively. Among the three cases, the first case (at same level of irrigation input (0.9 CPE/ Epan) in all irrigation methods) was best for those who are having sufficient water to get higher returns of Rs 32,386 (U. S. \$ 704) per ha with very low pay back period (2.13 years).

Keywords: Cumulative pan evaporation (CPE) / Pan evaporation (Epan), economics, investment evaluation, irrigation methods, mulberry, plant spacing.

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus* spp L.) is the sole food plant of the silkworm (*Bombyx mori* L.) and is cultivated mainly for its foliage. Maximisation of leaf yield and improvement in the leaf quality are considered to be the most important steps for enhancing the cocoon production. Irrigation is one of the major influencing factors on the growth of mulberry leaves. New irrigation technologies are playing a key role in agricultural economy and in efficient use of water and several studies have been carried out for evolving effective technologies and for efficient utilisation of this scarce natural resource. But the available water resources in India and other tropical countries being scarce, can irrigate only a part of the cultivable lands under the present irrigation technology. However, with introduction of appropriate water management technologies such as micro irrigation, drip or trickle irrigation, large cultivable area can be brought under additional irrigation with effective economisation of water sources (Bongale and Siddalingaswamy, 2003). Among all the agronomical inputs, irrigation water has the highest impact on mulberry leaf productivity and quality. The yield differences of nearly 20

metric tones / ha / year between irrigated and unirrigated land is a glaring aspect to emphasize the impact of irrigation water. However, water became not only scarce but also a costly input in recent past because of the inadequate irrigation and its poor management which affects the productivity and in turn the cost of production. A few studies available on mulberry have revealed that it is possible to save up to 45-60 percent of water adopting drip irrigation in place of furrow irrigation in mulberry (Muralidhar, 1994; Saratchandra *et al.*, 1992; Shankar *et al.*, 1996 and Siddalingaswamy *et al.*, 2004). However, studies dealing with economics and investment evaluation of various irrigation methods / technologies are few and far between, while no such reports are available on mulberry. The investment evaluation of various irrigation methods also assumes greater significance due to concessions and subsidies extended by the Karnataka State government in India to encourage water saving technologies / methods in farming. In the light of this background the present study under report aimed at evaluation of investment on new irrigation systems besides assessing economics of different irrigation methods.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at Karnataka State Sericulture Research and Development Institute for 3 years (1997-2000) in four years old established M-5 mulberry garden which were planted during 1994. The first year of the study period was considered as the establishment year. Out of a total of ten harvests during the two subsequent years (1998 –2000), four experimental harvest (two each for the two years) during the non-rainy period with bioassay for 2 crops during January 2000 to May 2000 were taken. The soil was red sandy clay loam with pH of 7.55 and EC (Electric conductivity) of 0.47 dS/m. The field capacity at 0 to 90 cm depth of soil was 24.2% and permanent wilting point was 14.5% (pressure plate membrane apparatus method) and bulk density was 1.47 g/cc (core sampler method). The experimental design was split-split plot with 18 treatment combinations and three replications each. The treatment details are as follows.

Main treatments: Plant spacings (2):

- S1 (60 × 60 cm);
- S2 (120 × 60 cm);

Sub-treatments: Methods of irrigation (3):

- I₁ (Furrow method) ;
- I₂ (drip method);
- I₃ (chapin tape method);

Sub-sub treatments: Levels of irrigation (3):

- L₁ (0.3 CPE / Epan);
- L₂ (0.6 CPE / Epan);
- L₃ (0.9 CPE / Epan)

(CPE – for furrow method and Epan – for Drip and Chapin tape method)

Treatment combinations: (2×3×3) = 18

Furrow method:

Supply of water through furrows or micro channels provided among the plant population in the mulberry garden.

Installation of drip irrigation systems:

The drip irrigation having dripper (turbokey type) and chapin tape system (bi-wall tape having hole at every one foot interval for discharge of water) were installed in the experimental site. This

system consisted of filter, main pipe, sub-main pipe, control valve and laterals. The source of water was a tubewell, which is stored in the surface tank (concrete tank). One H. P. motor is fitted in the control head as source of pressure for operating the system. A sand filter and a screen filter were fitted to main pipe in the control head to ensure the flow of clean water into the drip system. Filters were cleaned periodically during the period of experiment.

Irrigation scheduling:

Irrigation was given base on open pan evaporation reading for non-rainy period crops i.e., 3rd and 4th crops of 5 crops annual schedule for both the years (1998-2000). For drip and chapin tape method, irrigation was given daily at three levels (0.3 Epan, 0.6 Epan and 0.9 Epan) and for furrow method irrigation given once in seven days at three levels (0.3 CPE, 0.6 CPE and 0.9 CPE) cumulating the Epan values for previous seven days. The units of 0.3, 0.6 and 0.9 cumulative pan evaporation / pan evaporation means 30%, 60 % and 90 % of open pan evaporation reading.

Farmyard manure and chemical fertilisers were applied and cultural practices were attended as per the package of practices recommended for mulberry under irrigated conditions (Bongale, 1994; Jolly, 1987). Harvesting was done by pruning following the step up method with a basal height of 30cm from the ground. Leaf yield was recorded by harvesting all the plants of the micro plots and the yield computed as kg / ha. To work out economics of different irrigation methods, mulberry leaf yield (pooled of five crops / year / hectare and average of two years) was considered as output. Economic evaluation of different irrigations systems was done using following approaches.

I. Discounted cash flow techniques:

The following indicators of project evaluation were employed to assess the economic feasibility of new irrigation methods as these methods involve a substantial amount of capital investment.

- a) Net present value (NPV)
- b) Benefit-cost ratio (BCR)
- c) Internal rate of returns (IRR)

Net present value (NPV):

NPV indicates net project worth in present values after meeting costs of the project except initial capital investment. As cash flows occur many years in the future, it is mandatory to discount cash flow with appropriate interest rate to reflect the opportunity cost. In the present study, an interest rate of 12 percent was used, as it represents the opportunity cost of investment by farmers. The NPV was computed as given below:

$$NPV = \sum_{t=0}^n B_t - C_t(1+i)^{-n}$$

Where,

i = Discount (interest) rate

n = Duration of project in years

B_t = Benefits occurring during the project period

C_t = Costs incurred during the project period

The project with higher positive value is desirable for the investment to be economically viable.

Benefit-cost ratio (BCR):

Total discounted benefits divided by total discounted costs gives benefit-cost ratio. The project is accepted if benefit-cost ratio is above 1.0 and projects with the higher ratios are preferred.

Internal rate of return (IRR):

IRR is that discount rate which makes the present value of benefits equal to present value of costs. It is that discount rate which makes net present value equal to zero. It represents the yield that investment given from the project.

Initially, a discount rate that closely represents the value of IRR was used and NPV was worked out. If NPV was positive, a higher discount rate that gives negative NPV was used in the analysis. Thus two discount rates, which give both positive (lower discount rate) and negative NPVs (higher discount rate), respectively were chosen by trial and error method.

$$\text{IRR} = \text{Lower discount rate} + \text{difference} \frac{\text{Difference between two NPV's of 2 discount rates}}{\text{NPV at lower discount rate}}$$

between higher and lower discount rates

The formal selection criterion for the IRR is to accept all projects having an IRR greater than the opportunity cost of capital (discount rate). The discount rate used for project evaluation was 15 percent.

Opportunity cost is the return foregone from the next best investment alternative other than mulberry. That is by selecting mulberry for investments the farmer has given up an opportunity of earning through investment from the next best alternative enterprises. The rate of return foregone from the lost opportunity of investment is the opportunity cost of mulberry.

II. Efficiency gain under different irrigation systems:

Economics of different irrigation methods was worked out in three stages.

Case-1: At same level of irrigation input (0.9 CPE/Epan) in all irrigation methods.

Case-2: 0.9 level of furrow method with 0.6 level of drip and chapin tape method (33% saving of water).

Case-3: 0.9 level of furrow method with 0.3 level of drip and chapin tape method (66% saving of water).

Criteria used and assumptions made to work out economics of irrigation systems are as follows:

1. Keeping everything else constant results are worked out on per hectare basis.
2. Cost of well, pump and water tank were not taken into consideration as they are commonly used to irrigate under different methods.
3. Economic life of drip irrigation system and chapin tape irrigation system were taken as 10 years and 5 years respectively.
4. Maintenance cost was worked out to be 2.50 percent of the capital.
5. Price of leaves is taken as Rs 2.00 per kilogram of leaves (normal price existing among farmers)
6. Cost of mandays taken as Rs 50/- per manday and bullock plough (Bul. Pl) as Rs 200 per day.
7. Interest rate = 12 per cent
8. Cost of electricity charges = Rs. 840-00/ h. p. / year
9. Rental value of land is taken as Rs 15,000 ha.
10. Value of one U. S. dollar = forty six Indian rupees.

RESULTS

The data obtained from the experiments laid out at Karnataka State Sericulture Research & Development Institute, Thalagattapura, Bangalore were analysed and results are presented under the following headings:

1. Initial investment in different irrigation methods;

2. Economics of different irrigation methods;
3. Evaluation of investment in irrigation methods.

1. Initial investment in different irrigation methods:

The initial capital investment on the two irrigation systems (on pipes network and filters) was worked out to be Rs 85,293 (U.S \$ 1,854) and Rs 65,682 (U. S. \$ 1,428) for drip and chapin tape systems respectively. The repair and maintenance costs for drip system was Rs 2,132 (U. S. \$ 46) per year and for chapin tape system it was Rs 1,642 (U. S. \$ 36) per year (Table I). These investment and maintenance charges do not occur in furrow method of irrigation.

But in furrow method cost required for making furrows : channels was Rs 2,500 (U.S. \$ 54) per year (Table II).

2. Economics of different irrigation methods:

Various types of costs incurred in the mulberry cultivation classified as variable and fixed costs are presented in Table II. Variable costs include input costs, labour costs and opportunity costs of these. It was observed that highest amount of variable cost was incurred in furrow method (Rs. 59,296) (U. S. \$ 1289) followed by chapin tape method (Rs 43,896) (U. S. \$954) and drip method (Rs 40,256) (U.S.\$875) in the production of mulberry leaf. This was due to higher labour costs incurred under furrow method. Total labour costs accounted for 61.48 per cent in furrow method, as against only 48.35 and 51.75 per cent in drip and chapin tape method. The higher labour cost in furrow method was due to higher labour employment for cleaning, weeding, intercultural operations and irrigation as furrow irrigation supports profuse growth of weeds. The fixed costs comprise amortised cost of establishment of mulberry garden, depreciation, rental value of land and annual maintenance costs (Table II). Total costs were highest again in furrow method at Rs. 80,536 (U.S. \$ 1,571) per ha. In contrast, in drip and chapin tape methods, these costs were lower at Rs. 72,157 (U.S. \$ 1,569) and Rs. 78,124 (U. S \$ 1,698).

Economics of mulberry production under the three methods of irrigation:

In order to examine the profitability of the three irrigation methods, their detailed economics was worked out and results of economic analysis are presented in Table III for the three irrigation methods separately.

Case 1: 0.9 CPE/Epan in all the methods with same level of irrigation:

The economics was worked out for one hectare in all the methods. Drip irrigation method recorded highest yield of 56,060kg followed by chapin tape (52,552 kg) and furrow method (49,387 kg) in treatment combination 60 × 60 cm + 0.9 Epan. The total variable cost was lowest in the drip method at Rs. 40,256 (U.S. \$ 875) per year per ha. Variable cost was highest in the case of furrow method. But fixed costs were lowest in the furrow method as there was no additional capital investment on machinery and equipment like in the other two methods. Due to lower yield and higher cost of cultivation in the case of furrow method, the average cost of production per kg was highest in the furrow method. Consequently, the net income realised per ha was lowest in the furrow method. The maximum net income was obtained in drip method (Rs 39,963 / ha / yr.) (U. S. \$ 869) followed by Chapin tape method (Rs 26,890 / ha / yr.) (U. S. \$ 585). Thus, benefit-cost ratio (undiscounted) or simple rate of return was highest in drip method (1.55) followed by chapin tape method (1.31) compared to furrow method (1.23). The additional net income over furrow method was Rs 32,386 (U.S \$704) and Rs 21,730 (U.S. \$472) in drip and chapin tape method, respectively. The pay back period, which indicates time needed to recover initial capital investment in drip and chapin tape methods was relatively shorter at 2.13 and 2.44 years respectively. Thus, it can be inferred that drip system was the best method of irrigation for mulberry under this treatment.

Table I. Details of investment on drip and chapin tape system in mulberry (per hectare).

Tableau I. Caractéristiques concernant l'investissement pour le système de goutte à goutte et du ruban chapin chez le mûrier (par hectare).

I.	Type of irrigation system <i>Type de système d'irrigation</i>	Drip <i>Goutte à goutte</i>	Chapin tape <i>Ruban Chapin</i>
2.	Cost (Rs) on accessories including cost of man power for establishment <i>Coût (Rs) pour les accessoires y compris le coût de la main d'œuvre pour l'établissement</i>	68,293	48,682
3.	Cost (Rs) on common head unit <i>Coût (Rs) par unité principale commune</i>	17,000	17,000
4.	Total cost (Rs) <i>Coût total (Rs)</i>	85,293	65,682
II.	Seasonal fixed cost (Rs) <i>Coût fixe saisonnier (Rs)</i>		
1.	Depreciation (D) Life of head unit and drip system taken as 10 years and for chapin tape 5 years <i>Dépréciation (D) par unité sur 10 ans pour le système de goutte à goutte et sur 5 ans pour l'adhésif chapin</i>	8,529	11,436
2.	Repairs and maintenance (Rs) @2.5% on capital <i>Réparations et entretien (Rs) à raison de 2,5 % du capital</i>	2,132	1,642

Note : One U.S. Dollar = Forty six Indian rupees (1 U.S \$ = Rs 46), applicable to all tables and in the text. / Un dollar US = Quarante six roupies indiennes (1 U.S. \$ = 46 Rs) dans tous les tableaux et dans le texte.

Case 2: 0.9 level of furrow method with 0.6 level of drip and chapin tape methods (33% saving of water):

Due to 33 percent savings in irrigation under drip and chapin tape methods, and additional area of 0.5 hectare of mulberry garden could be irrigated (0.6 Epan) by drip and chapin tape method as compared to furrow method. That is, with same quantity of water, drip and chapin tape irrigation system could cover 1.5 hectares over one ha under furrow method. This is likely to result in higher incomes to farmers. The aggregate leaf yield in the case of drip and chapin tape was 81,520 and 76,615kg compared to 49,387 kg per ha per year under furrow method. Due to increased leaf yield, average cost of production reduced drastically and net income increased to Rs. 54,804 (U.S. \$1,191) and Rs. 35,909 (U.S. \$781) per ha per year under the drip and chapin tape methods respectively as compared to Rs. 18,238 (U.S. \$ 396) under furrow method.

Table II. Economics of mulberry production under the three methods of irrigation.**Tableau II. Aspect économique de la production de mûrier avec les trois méthodes d'irrigation.**

Operation / Cost item		Furrow			Drip			Chapin tape		
Opération / Ligne de coût		Sillons			Goutte à goutte			Adhésif Chapin		
I. Variable cost (cost of cultivation)	Units	Qty	Value (Rs)	%	Qty	Value (Rs)	%	Qty	Value (Rs)	%
I. Coûts variables (coûts de culture)	Unités	Qtité	Valeur (Rs)	%	Qtité	Valeur (Rs)	%	Qtité	Valeur (Rs)	%
1. Weeding and cleaning of twigs 1. Désherbage et nettoyage des brindilles	Man days Jours de travail	200	10,000	16.86	100	5,000	12.42	150	7,500	17.09
2. Intercultural operation 2. Opérations interculturelles	Bul. Pl. Boeuf de labour	15	3,000	5.06	15	3,000	7.45	15	3,000	6.83
3. Channels, furrow & ridges 3. Canaux, sillons	Man days Jours de travail	50	2,500	4.22	-	-	-	-	-	-
4. FYM application 4. Application de fumure	Man days Jours de travail	30	1500	2.53	30	1,500	3.73	30	1,500	3.42
5. Chemical fertilizer application 5. Application d'engrais chimique	Man days Jours de travail	50	2,500	4.22	35	1,750	4.35	50	2,500	5.70
6. Irrigation	Man days Jours de travail	175	8,750	14.75	-	-	-	-	-	-
7. Leaf / shoot harvesting & pruning 7. Récolte & taille des feuilles / des pousses	Man days Jours de travail	125	6,250	10.54	125	6,250	15.53	125	6,250	14.24
8. Electricity charges 8. Frais d'électricité			1,960	3.3		1,960	4.87		1,960	4.47

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

Operation / Cost item		Furrow			Drip			Chapin tape		
<i>Opération / Ligne de coût</i>		<i>Sillons</i>			<i>Goutte à goutte</i>			<i>Rubans Chapin</i>		
	Units <i>Unités</i>	Qty <i>Qtité</i>	Value (Rs) <i>Valeur (Rs)</i>	%	Qty <i>Qtité</i>	Value (Rs) <i>Valeur (Rs)</i>	%	Qty <i>Qtité</i>	Value (Rs) <i>Valeur (Rs)</i>	%
9. Input cost / <i>Coût des intrants</i>										
1) Farm yard manure <i>1) Fumier de ferme</i>	Tons	20	8,798	14.84	20	8,798	21.86	20	8,798	20.04
2) Chemical fertilizer / <i>Engrais chimique</i>										
15: 15 : 15 complex	kg	800	5,808	9.79	800	5,808	14.43	800	5,808	13.23
Ensemble 15 : 15 : 15										
Urea / <i>Urée</i>	kg	391	1,877	3.16	391	1,877	4.66	391	1,877	4.28
Sub-total / <i>Sous-total</i>			52,943			35,943			39,193	
Interest on items 1 to 9 @ 12% <i>Intérêts pour les lignes 1 à 9 à raison de 12%</i>			6,353	10.71		4,313	10.71		4,703	10.71
Total variable cost/ <i>Coûts variables totaux</i>			59,296			40,256			43,896	
II. Fixed cost										
II. <i>Coûts fixes</i>		Furrow			Drip			Chapin tape		
		<i>Sillons</i>			<i>Goutte à goutte</i>			<i>Adhésif Chapin</i>		
1. Amortized cost of establishment of mulberry garden <i>1. Coût d'amortissement pour l'établissement de la mûraie</i>			6,240			6,240			6,240	
2. Depreciation of equipment and mulberry <i>2. Dépréciation de l'équipement et du mûrier</i>			0			8,529			11,436	
3. Rental value of land (Rs per hectare) <i>3. Valeur locative de la terre (Rs par hectare)</i>			15,000			15,000			15,000	
4. Annual maintenance of equipment and machinery (Rs) <i>4. Entretien annuel de l'équipement et des machines (Rs)</i>			0			2,132			1,642	
Total fixed cost (Rs) / <i>Coûts fixes totaux (Rs)</i>			21,240			31,901			34,318	
Total cost / <i>Coût total (Rs) (I + II)</i>			80,536			72,157			78,214	

Table III. Economics of mulberry production under the three methods of irrigation at three stages.**Tableau III. Aspect économique de la production de mûrier avec les trois méthodes d'irrigation à trois stades.**

Case-1 : 0.9 CPE /Epan in all the three methods

Cas 1 : 0,9 CPE/Epan avec les trois méthodes

Sl. No	Particulars	Furrow	Drip	Chapin tape
No. de Caractéristiques Série		Sillons	Goutte à goutte	Ruban Chapin
1	Area irrigated (ha) / Surface irriguée (ha)	1	1	1
2	Leaf yield (kg)	49,387	56,060	52,552
	Rendement foliaire (kg)			
3	Leaf yield per ha	49,387	56,060	52,552
	Rendement foliaire (par ha)			
4	Total variable cost (Rs)	59,296	40,256	43,896
	Coûts variables totaux (Rs)			
5	Total fixed costs (Rs)	21,240	31,901	34,318
	Coûts fixes totaux (Rs)			
6	Total costs (Rs)	80,536	72,157	78,216
	Coûts totaux (Rs)			
7	Gross income (Rs)	98,774	1,12,120	1,05,104
	Revenu brut (Rs)			
8	Net income (Rs) / Revenu net (Rs)	18,238	39,963	26,890
9.	Benefit cost ratio*	1.23	1.55	1.34
	Rapport bénéfice-coût*			
10	Total variable returns (Rs)	39,478	71,864	61,208
	Profits variables totaux (Rs)			
11	Additional net income over furrow method (Rs) - Revenu net supplémentaire par rapport à la méthode des sillons	-	32,386	21,730
12	Payback period (years) Période de remboursement (années)	-	2.13	2.44

Case-2 : 0.9 level of furrow method with 0.6 level of drip and chapin tape methods (33% saving of water)

Cas-2 Niveau de 0,9 pour la méthode des sillons, avec un niveau de 0,6 pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban Chapin (économie d'eau de 33 %)

Sl No.	Particulars	Furrow	Drip	Chapin tape
No. de Caractéristiques Série		Sillons	Goutte à goutte	Adhésif Chapin
1	Area irrigated (ha) / Surface irriguée (ha)	1	1.5	1.5
2	Leaf yield (kg)	49,387	81,520	76,615
	Rendement foliaire (kg)			
3	Leaf yield per ha	49,387	54,347	51,077
	Rendement foliaire par ha			

4	Total variable cost (Rs) <i>Coûts variables totaux (Rs)</i>	59,296	60,384	65,844
5	Total fixed costs (Rs) <i>Coûts fixes totaux (Rs)</i>	21,240	47,852	51,477
6	Total costs (Rs) / <i>Coûts totaux (Rs)</i>	80,536	1,08,236	1,17,321
7	Gross income (Rs) / <i>Revenu brut (Rs)</i>	98,774	1,63,040	1,53,230
8	Net income (Rs) / <i>Revenu net (Rs)</i>	18,238	54,804	35,909
9	Benefit cost ratio * <i>Rapport bénéfice-coût</i>	1.23	1.51	1.31
10	Total variable returns (Rs) <i>Profits totaux variables (Rs)</i>	39,478	1,02,656	87,386
11	Additional net income over furrow method (Rs) - <i>Revenu net supplémentaire par rapport à la méthode des sillons (Rs)</i>	-	63,178	47,908
12	Pay back period (years) <i>Période de remboursement (années)</i>	-	2.33	2.74

Case-3: 0.9 level of furrow method with 0.3 level of drip and chapin tape methods (66% saving of water)
 Cas -3 : Niveau de 0,9 pour la méthode avec sillons et un niveau de 0,3 pour les méthodes de goutte à goutte et de l'adhésif Chapin (économie d'eau de 66 %).

Sl. No	Particulars	Furrow	Drip	Chapin tape
No. de Série	Caractéristiques	Sillons	Goutte à goutte	Adhésif Chapin
1	Area irrigated (ha) <i>Surface irriguée (ha)</i>	1	3	3
2	Leaf yield (kg) <i>Rendement foliaire (kg)</i>	49,387	1,46,964	1,51,896
3	Leaf yield per ha <i>Rendement foliaire par ha</i>	49,387	48,988	50,632
4	Total variable cost (Rs) <i>Coûts variables totaux (Rs)</i>	59,296	1,20,5768	1,31,688
5	Total fixed costs (Rs) <i>Coûts fixes totaux (Rs)</i>	21,240	95,704	1,02,954
6	Total costs (Rs) / <i>Coûts totaux (Rs)</i>	80,536	2,16,472	2,34,642
7	Gross income (Rs) <i>Revenu brut (Rs)</i>	98,774	2,93,928	3,03,792
8	Net income (Rs) / <i>Revenu net (Rs)</i>	18,238	77,456	69,150
9	Benefit cost ratio * <i>Rapport bénéfice - coût *</i>	1.23	1.36	1.29
10	Total variable returns (Rs) <i>Profits variables totaux (Rs)</i>	39,478	1,73,160	1,72,104
11	Additional net income over furrow method (Rs) - <i>Revenu net supplémentaire par rapport à la méthode des sillons (Rs)</i>	-	1,33,682	1,32,626
12	Pay back period (years) <i>Période de remboursement (années)</i>	-	3.3	2.85

Note: * Undiscounted value or simple rate of return / *Valeur sans escompte ou taux simple de profit.*

Benefit cost ratio (undiscounted) or simple rate of return was highest in drip method (1.51) followed by chapin tape method (1.31) compared to furrow method (1.23). The additional net income over furrow method was Rs 63,178 (U.S. \$ 1,373) and Rs 47,908 (U.S. \$ 1,041) in drip and chapin tape method respectively. The payback period for drip and chapin tape methods was 2.33 and 2.74 years respectively.

Case 3: 0.9 level of furrow method with 0.3 level of drip and chapin tape methods (66% saving of water):

In this case an additional area of 2.0 hectare mulberry garden could be brought under drip and chapin tape methods as compared to furrow method. That is, with same quantity of water, where furrow irrigation system can irrigate one hectare, drip and chapin tape irrigation systems could cover 3.0 hectares. As depicted in Table II, maximum leaf yield was recorded in chapin tape method (1,51,896 kg / ha / year) followed by drip method (1,46,964 kg / ha / year). However, highest gross income was recorded in chapin tape method at Rs. 2,34,642 (U.S\$ 5,101) but highest net income was under drip method (Rs. 77,456) (U. S. \$ 1,684). Benefit cost ratio (undiscounted) or simple rate of return was highest in drip method (1.36) followed by chapin tape method (1.29) compared to furrow method (1.23). The additional net income over furrow method was Rs 1,33,682 (U. S. \$ 2,906) and Rs 1,32,626 (U. S. \$ 2,883) in drip and chapin tape method respectively. The payback period for drip and chapin tape methods was 3.3 and 2.85 years respectively.

3. Evaluation of investment in irrigation methods:

a) Discounted cash-flow techniques:

Drip and chapin tape methods of irrigation are long-term improvements involving huge investment on equipment and pipes. Hence, their impact will be long lasting on the farm. Therefore, it is mandatory to evaluate the investment made on these irrigation systems. The investment on these systems was evaluated using capital budgeting techniques that use discounted measures of benefit-cost ratio, net present value (NPV) and internal rate of return (IRR). The economic viability of these systems was assessed separately for the three cases as below.

Case 1: At same level of irrigation input (0.9 CPE / Epan) in all irrigated methods:

The initial capital investment on drip and chapin tape systems is furnished in Table IV along with results of investment evaluation for the three cases. Investment on drip system over a period of ten years was Rs 85,293 (U.S. \$ 1,854) per ha whereas investment on chapin tape system was slightly higher at Rs. 94,078 (U.S. \$ 2,045) because after five years reinvestment has been done for chapin tape as economic life of chapin tape is five years only. Hence, for a period of ten years in the case of chapin tape there is a need to make reinvestment in order to make comparison with drip system, which has a life span of ten years. Benefit-cost ratio (discounted) of drip and chapin tape systems over furrow method was 1.9 and 1.16 respectively which can be interpreted as an additional rupee investment on drip and chapin tape to produce a return of Rs 1.9 and 1.16 respectively in drip and chapin tape. Net Present Value (NPV) of drip and chapin tape systems over furrow method was Rs 77,244 (U.S. \$ 1,679) and Rs 14,979 (U.S.\$326) respectively over the economic life of ten years. Since NPV is positive, the investment can be considered as sound on drip and chapin tape. Internal rate of return (IRR) for drip and chapin tape systems was 36.25 and 20.04 per cent respectively, by which it can be inferred that every additional rupee invested in the two irrigation systems, the additional rate of return or yield is Rs 36.25 and 20.04 respectively in the two systems. However, between the two systems, drip emerged as more profitable as revealed by the indicators of project evaluation.

Table IV. Project evaluation of drip and chapin tape system over furrow method (discounted flow measures).*Tableau IV. Evaluation du système de goutte à goutte et du ruban chapin par rapport à la méthode des sillons (mesures d'escompte du flux).*

Irrigation methods	Initial investment (Rs)	B : C ratio	NPV (Rs)	IRR
<i>Méthodes d'irrigation</i>	<i>Investissement initial (Rs)</i>	<i>Rapport B : C</i>		
Drip method				
<i>Méthode du goutte à goutte</i>				
Case-1	85,293	1.90	77,244	36.25
Case-2	1,27,940	2.48	1,89,136	48.47
Case-3	2,55,879	2.62	4,15,040	51.43
Chapin tape method				
<i>Méthode du ruban Chapin</i>				
Case-1	94,078	1.16	14,980	20.05
Case-2	1,47,506	1.63	92,932	39.40
Case-3	2,95,012	2.26	3,70,606	61.42

Case 2: 0.9 level of furrow method with 0.6 level of drip and chapin tape methods (33% saving of water):

Investment on drip system over a period of ten years was Rs 1,27,940 (U.S. \$2,781) as an additional area of 0.5 ha was brought under in addition to earlier area due to savings in water to the extent of 33 percent. Hence, aggregate area cultivated that could be cultivated in this case is 1.5 ha; hence, the initial capital investment on drip and chapin tape systems was Rs 1,27,940 (U.S. \$2,781) and Rs 1,47,506 (U.S. \$3,207). Higher investment on chapin tape system of irrigation was higher as explained in the previous section.

It is interesting to observe that all the indicators of investment evaluation were higher in this case than in the first case. Benefit-cost ratios of drip and chapin tape systems over furrow method were 2.47 and 1.63 respectively. Net Present Value (NPV) of drip and chapin tape systems over furrow method were Rs 1,89,136 (U.S. \$4,112) and Rs 92,932 (U.S. \$2,020) respectively. Internal rate of return (IRR) of drip and chapin tape systems was 48.47 and 39.59 per cent respectively. Results of this study clearly show that drip system is superior over chapin tape as all the capital budgeting indicators are higher for drip than for chapin tape method.

Case 3: 0.9 level of furrow method with 0.3 level of drip and chapin tape methods (66% saving of water):

Water saving to the extent of 66 per cent enables cultivators to increase the area under mulberry to an aggregate area of three ha. Due to increased area under irrigation, the initial capital investment for the three ha of irrigation for the drip and chapin tape over a ten-year period will be Rs 2,55,879 (U.S. \$5,563) and Rs 2,95,012 (U.S. \$6,413) for drip and chapin tape methods. As in the cases of earlier two, here also the magnitude of project evaluation indicators of benefit-cost ratio, NPV and IRR were higher in drip system than in chapin tape system. The values of B: C ratios for drip and

chapon tape systems were 2.62 and 2.25 respectively. Similarly, the value of NPV was higher for drip at Rs 4,15,040 (U.S. \$ 9,023) as compared to Rs 3,70,606 (U.S. \$ 8,057) of chapon tape system. Internal rate of return (IRR) of drip and chapon tape systems over furrow method was 51.43 and 39.59 per cent respectively. Among the three cases, the case three has highest pay-off as revealed by capital budgeting technique and between drip and chapon tape system, drip emerges as the preferred one due to higher pay-off than chapon tape system.

b) Efficiency gain under different irrigation systems:

One of the advantages of the new technology or practices is the efficiency gain in terms of increased yield and factor savings especially water as seen in the previous section. Thus, level of efficiency gain from new irrigation systems could be an important criterion for adoption of the practice. Efficiency gains under the three cases were computed separately (Table V) and results are presented as below.

Table V. Efficiency gain per hectare under drip and chapon tape irrigation systems over furrow method.

Tableau V. Gain d'efficacité par hectare avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapon par rapport à la méthode des sillons.

Sl. No.	Particulars	Amount (Rs)					
		Case-I		Case-2		Case-3	
		Drip	Chapon tape	Drip	Chapon tape	Drip	Chapon tape
No. de série	Caractéristiques	Quantité (Rs)					
		Cas 1		Cas 2		Cas 3	
		Goutte à goutte	Ruban Chapon	Goutte à goutte	Ruban Chapon	Goutte à goutte	Ruban Chapon
1	Amount of resources saved (R+) <i>Quantité de ressources économisées (R+)</i>	16,967	7,034	14,964	4,909	7,791	4,245
2	Amount of loss of potential <i>Quantité de perte de potentiel</i>	19,259	7,485	24,699	7,616	23,184	13,056
1	% Increase in excess of output produced <i>% d'augmentation supérieur à la quantité produite</i>	26.69	9.57	22.82	6.49	10.71	5.56

Case 1: At same level of irrigation input (0.9 CPE / Epan) in all irrigation methods:

The amount of resources saved (R+) per hectare due to adoption of drip and chapin tape irrigation systems was Rs 16,967 (U.S. \$369) and Rs 7,034 (U.S. \$153) respectively over furrow method. If drip and chapin tape irrigation systems were not adopted, the amount of potential loss of resources would have been Rs 19,259 (U.S. \$419) and Rs 7,485 (U.S. \$ 163) respectively. Increase in excess of output produced under drip and chapin tape irrigation systems (i. e., the technology component of drip and chapin tape irrigation system) were 26.69% and 9.57% respectively with furrow irrigation level of inputs.

Case 2: 0.9 level of furrow method with 0.6 level of drip and chapin tape methods (33% saving of water):

The amount of resources saved (R+) per hectare due to adoption of drip and chapin tape irrigation systems was Rs 14,964 (U.S. \$325) and Rs 4,909 (U.S. \$107) respectively over furrow method. If drip and chapin tape irrigation systems were not available, the amount of loss of potential resources averted would have been Rs 24,699 (U. S.\$ 537) and Rs 7,616 (U.S. \$166) respectively. Increase in excess of output produced under drip and chapin tape irrigation systems (i.e., the technology component of drip and chapin tape irrigation systems) were 22.82% and 6.49% respectively with furrow irrigation level of inputs.

Case 3: 0.9 level of furrow method with 0.3 level of drip and chapin tape methods (66% saving of water):

The amount of resources saved (R+) per hectare due to adoption of drip and chapin tape irrigation systems was Rs 7,791 (U. S. \$ 169) and Rs 4,245 (U. S. \$92) respectively over furrow method. If drip and chapin tape irrigation systems were not available, the amount of loss of potential resources averted would have been Rs 23,184 (U.S. \$504) and Rs 13,056 (U.S. \$ 284) respectively. Increase in excess of output produced under drip and chapin tape irrigation systems (i.e., the technology component of drip and chapin tape irrigation systems) were 10.71% and 5.56% respectively with furrow irrigation level of inputs.

DISCUSSION

In the present study initial investment of drip system was more than chapin tape system. But by considering the economic life of 10 years in drip system and 5 years in chapin tape system, the cost incurred for drip system is lesser than chapin tape system. Drip irrigated plots had less weeds compared to other plots irrigated by Chapin tape system and furrow method. Further, savings of labour can also be achieved in drip and chapin tape as virtually no labour is required for irrigation as pipe system provides water to mulberry plants. However, in the case of furrow method more labourers are required for irrigation and weeding. Hence the variable cost and total cost incurred for mulberry production in furrow method was more than those of drip and chapin tape systems.

Economics of the three irrigation methods was worked out for three levels of irrigation. The first case was irrigation level of 0.9 CPE in furrow method as constant and compared this with 0.3, 0.6 and 0.9 Epan of drip and chapin tape methods. In the first (at same level of irrigation input (0.9 CPE / Epan) in all irrigation methods) and the second (0.9 CPE level of furrow method with 0.6Epan level of drip and chapin tape methods (33% saving of water) net additional income was more in drip method than in Chapin tape method over the furrow method. This shows that the performance of drip system was better in both the cases as compared to chapin tape system. In the third case (0.9CPE level of furrow method with 0.3Epan level of drip and chapin tape methods (66% saving of water) the net additional income was on par in both drip system and chapin tape system. In this case chapin tape also performed better because the leaf yield was more than drip method. Similarly, the payback period

was less in drip method in the first and second cases and more in the third case than chapin tape method.

In minimum irrigation input (0.3 Epan), the payback period was more in both drip and chapin tape methods at 3.3 and 2.85 years, respectively. At 0.6 Epan irrigation input, the payback period was 2.33 and 2.74 years respectively whereas in maximum irrigation input (0.9Epan) the payback period was slightly lower at 2.13 and 2.44 years respectively, indicating early recovery of the investment. This shows that for the farmer having sufficient irrigation water, the ideal irrigation level is 0.9 Epan as it gives higher economic returns.

In all the three cases, the benefit cost ratio (undiscounted) or simple rate of return was more in drip method followed by chapin tape method and it was lowest in furrow method.

The investment evaluation of drip and chapin tape revealed that all the project evaluation indicators were higher than critical / threshold levels revealing financial viability of the investment. But in the case of drip, values of benefit cost ratio, NPV and IRR were more than those of chapin tape suggesting that drip had higher economic pay-off than chapin tape. Hence, drip system can be recommended to farmers as it saves more and results in higher incremental returns to the farmer.

Efficiency gain of drip and chapin tape methods over furrow method was analysed. Here the percent increase in excess of output produced under drip irrigation is more in all the three cases than chapin tape method. This shows that in mulberry garden of 60 × 60 cm plant spacing the efficiency of drip system was better than chapin tape system over furrow method. Sikdar and Chandrasekar (1992) reported that the additional returns of Rs 47,775 (U.S. \$1,039) would pay back the investment of Rs 1,83,994 (U. S.\$ 4,000)/ha on mulberry in about 4 years approximately. Similarly, Saratchandra *et al.*, (1992) reported that drip irrigation indicated a saving of 33% irrigation water besides higher leaf yield. Muralidhara *et al.*, (1994) reported that additional rating would pay back the high initial investment of drip irrigation in 3.75 years.

CONCLUSION

Present study revealed that by adopting drip and chapin tape irrigation methods in 60 × 60 cm spacing, it is possible to save 33-66% of irrigation water with additional returns of Rs 32,386 (U.S.\$704), Rs 63,178 (U.S.\$1,373), Rs 1,33,682 (U.S. \$2,906) in drip method and Rs 21,730 (U.S. \$472), Rs 47,908 (U.S. \$1041), Rs 1,32,626 (U.S.\$ 2,883) in chapin tape method over furrow method in the first, the second and the third cases respectively. Among the three cases, the first case (at same level of irrigation input (0.9 CPE/Epan) in all irrigation methods) was better for those who are having sufficient water which yields an additional return of Rs 32,386 (U. S. \$704) /ha and having less pay back period (2.13 years).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank the authorities of the Institute for the facilities and Statistical Officer for the statistical analysis.

REFERENCES

- BONGALE U.D. (1994) Fertilizers in mulberry cultivation. Pushpa Seri Publications, Thalaghattapura, Bangalore-62, India. Pp.140.
 BONGALE U. D. & SIDDALINGASWAMY N. (2003) Irrigation for mulberry. KSSRDI Publication No-46, Thalaghattapura, Bangalore-62. India. Pp. 131.
 JOLLY M.S. (1987) Appropriate Sericulture Techniques, CSR&TI, Mysore, India. Pp.172.
 MURALIDHARA H. R., GUNDURAO D.S., SARPESHKAR A. M. & RAMAIAH R. (1994) Is drip irrigation viable for mulberry cultivation – An economic analysis. Mysore J. Agric. Sci., 28: 256-260.

- SARATCHANDRA B., RAJANNA L., PARAMESHA C., JAYAPPA, SABITHA M. G., PHILOMENA K.L. & RAMESH S. P. Studies on the comparative efficiency of drip, sprinkler and furrow irrigation system on mulberry leaf yield and water economy. *Sericologia*, 32(1):95-100.
- SHANKAR M. A., DEVAIAH M.C., PARAMESH BABU V., CHOWDEGOWDA M., CHINNASWAMY K. P. & JANARJUNA S. (1996) Comparative performance of drip irrigation systems in mulberry. Proceeding of All India Seminar on Modern Irrigation Techniques, June 26-27, Bangalore, pp.151-154.
- SIDDALINGASWAMY N., BONGALE U. D., NARAYANGOWDA S. N. & SHIVAPRAKASH R. M. (2004) A study on suitability of micro irrigation systems on mulberry leaf yield and silkworm rearing. *Sericologia* 44(3): 361-367.
- SIKDAR A.K. & CHANDRASHEKAR D. S. (1992) Drip irrigation system for mulberry. *Indian Silk*, 31(5):47-47.

ASPECT ECONOMIQUE DE L'IRRIGATION CHEZ LE MURIER : EVALUATION DE L'INVESTISSEMENT DANS DES METHODES D'IRRIGATION ALTERNATIVES DANS LE CADRE DE LA PRODUCTION DE MURIERS EN INDE

N. SIDDALINGASWAMY¹, U. D. BONGALE & B. V. CHINNAPPAREDDY²

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

2. Department of Agricultural Economics, University of Agricultural Sciences, Bangalore – 560 065, Karnataka, Inde.

En 1998-2000 sur un ensemble de dix récoltes, nous avons réalisé une expérience sur le terrain avec différentes méthodes d'irrigation (méthode des sillons, au goutte à goutte et avec la bande chapin) à trois niveaux d'évaporation cumulative à la bassine (CPE) / évaporation à la bassine (Epan) à savoir 0,3 ; 0,6 et 0,9 et deux espacements des plants (60 × 60 cm et 120 × 60 cm) avec le mûrier M-5. Cela couvre quatre récoltes expérimentales pendant la période sans pluies. Pour évaluer les différentes méthodes d'irrigation sur le plan économique, on considère le rendement foliaire du mûrier (regroupement de cinq récoltes / année / hectare et sur une moyenne de deux années) comme la production. On procède à l'évaluation de l'investissement et de l'aspect économique des différents systèmes d'irrigation en utilisant des techniques d'escompte de trésorerie et de gain d'efficacité pour les différents systèmes d'irrigation. Dans cette étude, il s'avère qu'en adoptant les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin avec un espacement de 60 × 60 cm, on peut économiser 33 à 66 % d'eau avec des profits supplémentaires de 32 386 Rs (704 \$ US), de 63 178 Rs (1373 \$ US), de 133 682 Rs (2 906 \$ US) avec la méthode de goutte à goutte et de 21 730 Rs (472 \$ US), de 47 908 Rs (1 041 \$ US) et de 132 626 Rs (2883 \$ US) avec la méthode du ruban chapin par rapport à la méthode du sillon dans les premier, deuxième et troisième cas respectivement. Sur les trois cas, le premier cas (au même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE /Epan) pour toutes les méthodes d'irrigation) est le meilleur pour ceux qui disposent de suffisamment d'eau et pour obtenir des profits plus élevés de 32 386 Rs (704 \$ US) par ha avec une période très courte de remboursement (2,13 ans).

INTRODUCTION

Le mûrier (*Morus spp L*) est la seule plante hôte du ver à soie (*Bombyx mori L*) et on le cultive principalement pour son feuillage. La maximisation du rendement foliaire et l'amélioration de la qualité de la feuille sont considérées comme les mesures les plus importantes pour améliorer la production de cocons. L'irrigation est l'un des principaux facteurs qui a une influence sur la croissance des feuilles de mûrier. Les nouvelles technologies d'irrigation jouent un rôle clé dans l'économie de l'agriculture et dans l'utilisation efficace de l'eau et plusieurs études ont été réalisées pour mettre au point des technologies efficaces et pour une utilisation efficace de cette ressource naturelle rare. Mais, les ressources d'eau disponibles en Inde et dans d'autres pays tropicaux étant rares, dans le cadre des technologies d'irrigation actuelles, elles ne peuvent irriguer qu'une partie des terres cultivables. Cependant, avec l'introduction de technologies de gestion de l'eau adaptées telles que la micro-irrigation, l'irrigation au goutte à goutte ou au filet, de grandes surfaces cultivables supplémentaires pourraient être irriguées avec une économie efficace des ressources en eau (Bongale

et Siddalingaswamy, 2003). Parmi tous les apports agronomiques, l'eau pour l'irrigation a l'impact le plus important sur la productivité et la qualité de la feuille de mûrier. Des différences de rendement de presque 20 tonnes métriques / ha / année entre une terre irriguée et non irriguée soulignent l'impact de l'eau pour l'irrigation. Cependant, l'eau est devenue non seulement rare mais aussi d'un apport coûteux depuis quelque temps en raison d'une irrigation inadaptée et d'une mauvaise gestion de l'eau qui a un effet sur la productivité et à son tour sur le coût de production. Quelques études disponibles sur le mûrier ont révélé qu'il est possible d'économiser 45 à 60 % d'eau par l'adoption de l'irrigation au goutte à goutte à la place de la méthode des sillons chez le mûrier (Muralidhar, 1994 ; Saratchandra et coll., 1992 ; Shankar et coll., 1996 et Siddalingaswamy et coll., 2004). Cependant, les études traitant de l'évaluation de l'aspect économique et de l'investissement dans les différentes méthodes / technologies d'irrigation sont peu nombreuses et éloignées, tandis qu'il n'existe pas de rapport de ce type chez le mûrier. L'évaluation de l'investissement dans des méthodes d'irrigation variées prend aussi toute sa signification en raison des réductions et des subventions accordées par le gouvernement de l'état de Karnataka en Inde pour encourager les technologies / les méthodes d'économie d'eau dans l'agriculture. Dans le cadre de cet arrière-plan, cette étude a pour but d'évaluer les investissements dans les nouveaux systèmes d'irrigation tout en étudiant l'aspect économique des différentes méthodes d'irrigation.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée au *Karnataka State Sericulture Research and Development Institute* pendant 3 ans (1997-2000) dans une muraie établie depuis quatre ans de mûriers M-5 plantés en 1994. On considère la première année de la période d'étude comme l'année d'établissement. Sur un total de dix récoltes pendant les deux années suivantes (1998-2000), on prend quatre récoltes expérimentales (deux pendant deux ans) pendant la période sans pluies avec une évaluation biologique pendant 2 récoltes de janvier 2000 à mai 2000. Le sol est du terreau d'argile sableux rouge avec un pH de 7,55 et une CE (conductivité électrique) de 0,47 dS/m. La capacité du terrain entre 0 et 90 cm de profondeur est de 24,2 % et le point de flétrissement permanent est de 14,5 % (méthode avec un appareil à membranes de pression des plaques) et la densité apparente est de 1,47 g / cc (méthode d'échantillonnage au cœur). La conception expérimentale adoptée est celle d'une parcelle sous-divisée avec 18 combinaisons de traitement en trois répétitions.

Les caractéristiques des traitements sont les suivantes.

Traitements principaux : Espacements des plants (2) :

- S1 (60×60 cm)
- S2 (120 × 60 cm)

Sous-traitements : Méthodes d'irrigation (3) :

- I1 (méthode du sillon) ;
- I2 (méthode du goutte à goutte)
- I3 (méthode du ruban chapin)

Sous-sous traitements : Niveaux d'irrigation (3) :

- L1 (0,3 CPE / Epan)
- L2 (0,6 CPE / Epan)
- L3 (0,9 CPE / Epan)

(CPE—pour la méthode de sillon et Epan—pour la méthode du goutte à goutte et du ruban Chapin)

Combinaisons de traitement : $(2 \times 3 \times 3) = 18$

Méthode des sillons :

Apport d'eau par des sillons ou par des micro-rigoles.

Installation des systèmes d'irrigation au goutte à goutte :

On installe sur le site expérimental le système de goutte à goutte avec un goutte à goutte (type clé turbo) et le système du ruban chapin (adhésif à double paroi avec un trou tous les 30cm pour la diffusion de l'eau). Ce système est constitué d'un filtre, d'un tuyau principal, d'un tuyau secondaire, d'une valve de contrôle et de ramifications latérales. La source d'eau provient d'un puits par un tuyau ; l'eau est stockée à la surface d'un réservoir (réservoir en béton). On équipe la tête de contrôle avec un moteur haute pression comme source de pression pour faire fonctionner le système. On équipe le tuyau principal avec un filtre pour le sable et un filtre écran pour s'assurer que l'eau qui circule dans le système de goutte à goutte est propre. On nettoie périodiquement les filtres pendant la période de l'expérience.

Calendrier d'irrigation :

On procède à l'irrigation sur la base de la lecture de l'évaporation à la bassine ouverte pendant la période sans pluies, c'est à dire la 3^{ème} et la 4^{ème} récolte du calendrier de 5 récoltes annuelles pendant les deux années (1998-2000). Pour la méthode du goutte à goutte et du ruban chapin, on procède à une irrigation quotidienne à trois niveaux (0,3 Epan, 0,6 Epan et 0,9 Epan) et pour la méthode des sillons, on procède à l'irrigation une fois tous les sept jours à trois niveaux (0,3 CPE ; 0,6 CPE et 0,9 CPE) en cumulant les valeurs Epan des sept jours précédents. Les unités d'évaporation cumulative à la bassine / évaporation à la bassine de 0,3, 0,6 et 0,9 signifient une lecture d'évaporation à la bassine ouverte de 30 % , 60 % et 90 %.

On apporte du fumier de ferme et des engrais chimiques et on procède aux pratiques culturales d'après l'ensemble des pratiques recommandées chez le mûrier dans des conditions d'irrigation (Bongale, 1994 . Jolly, 1987). On procède à la récolte en taillant par paliers avec une taille basale à 30 cm du sol. On enregistre le rendement foliaire en récoltant tous les plants des micro parcelles et en calculant le rendement en kg / ha. Pour évaluer l'aspect économique des différentes méthodes d'irrigation, on considère le rendement foliaire du mûrier (regroupement de cinq récoltes / an / hectare sur une moyenne de deux ans) comme la production. On procède à l'évaluation économique des différents systèmes d'irrigation en suivant les approches suivantes.

I. Techniques d'escompte de la trésorerie :

On emploie les indicateurs suivants d'évaluation du projet pour évaluer la faisabilité économique des nouvelles méthodes d'irrigation car ces méthodes comprennent une part importante d'investissement en capital.

- a) Valeur actuelle nette (NPV)
- b) Ratio bénéfice – coût (BCR)
- c) Taux interne de profits (IRR)

Valeur actuelle nette (NPV) :

La NPV indique la valeur nette du projet en valeurs actuelles après avoir couvert les coûts du projet à l'exception de l'investissement initial en capital. Puisque l'apport en trésorerie se produit bien des années après, il est indispensable d'escompter la trésorerie avec un taux d'intérêt approprié. Dans cette étude, on utilise un taux d'intérêt de 12 %, car il représente le coût d'opportunité de l'investissement par les fermiers. On calcule la NPV comme suit

$$NPV = \sum_{t=0}^n B_t - C_t(1+i)^{-n}$$

Où,

i = Taux d'escompte (d'intérêt)

n = Durée du projet en années

B_t = Bénéfices obtenus pendant la période du projet

C_t = Coûts encourus pendant période du projet.

Un projet avec une valeur positive plus élevée est souhaitable pour que l'investissement soit économiquement viable.

Ratio bénéfice - coût (BCR) :

Les bénéfices totaux escomptés divisés par les coûts totaux escomptés donnent le ratio bénéfice – coût. On accepte le projet si le ratio bénéfice – coût est au-dessus de 1 et on préfère les projets avec les ratios les plus élevés.

Taux interne de bénéfice (IRR) :

L'IRR est le taux d'escompte qui rend la valeur actuelle des bénéfices égale à la valeur actuelle des coûts. C'est ce taux d'escompte qui rend la valeur nette actuelle égale à zéro. Il représente le rendement que l'on obtient par l'investissement dans le projet.

Au début, on utilise un taux d'escompte qui représente étroitement la valeur de l'IRR et on calcule la NPV. Si la NPV est positive, on utilise dans l'analyse un taux d'escompte plus élevé qui donne une NPV négative. On choisit donc deux taux d'escompte, qui donnent à la fois une NPV positive (taux d'escompte plus bas) et négative (taux d'escompte plus élevé) respectivement par la méthode empirique et d'erreur.

IRR = Taux d'escompte le plus

bas + différence entre

les taux d'escompte le

plus élevé et le plus bas

$$\frac{\text{Différence entre les deux NPV avec les deux taux d'escompte}}{\text{NPV au taux d'escompte le plus bas}}$$

Le critère de choix formel concernant l'IRR est d'accepter tous les projets dont l'IRR est supérieur au coût d'opportunité du capital (taux d'escompte). Le taux d'escompte utilisé pour l'évaluation du projet est de 15 %.

Le coût d'opportunité est le bénéfice escompté avec l'autre meilleure alternative d'investissement que le mûrier. C'est en choisissant d'investir dans le mûrier que le fermier a abandonné l'opportunité de gagner en investissant dans d'autres entreprises alternatives. Le taux de profit escompté de l'opportunité d'investissement abandonnée est le coût d'opportunité du mûrier.

II. Gain d'efficacité avec les différents systèmes d'irrigation :

On calcule l'aspect économique des différentes méthodes d'irrigation en trois étapes.

Cas 1 : au même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE / Epan) pour toutes les méthodes d'irrigation.

Cas 2 : niveau de 0,9 pour la méthode des sillons, avec un niveau de 0,6 pour la méthode de goutte à goutte et du ruban chapin (33 % d'économie d'eau).

Cas 3 : niveau de 0,9 avec la méthode des sillons et un niveau de 0,3 avec la méthode de goutte à goutte et du ruban chapin (33 % d'économie d'eau).

Les critères utilisés et les hypothèses sur lesquelles on se base pour évaluer l'aspect économique des systèmes d'irrigation sont les suivants.

1. En conservant tout le reste à un niveau constant, on calcule les résultats sur la base d'un hectare.
2. On ne prend pas en compte le coût du puits, de la pompe et du réservoir à eau puisqu'on les utilise couramment pour irriguer avec les différentes méthodes.
3. On prend en compte une durée de vie du système d'irrigation au goutte à goutte et du système du ruban chapin de respectivement 10 ans et 5 ans.
4. On calcule que le coût d'entretien représente 2,50 pour-cent du capital.
5. On prend un prix des feuilles de 2,00 Rs par kg de feuilles (prix normal en cours chez les fermiers).
6. Le coût des jours de travail est de 50 Rs par jour de travail et le coût du bœuf de labour est de 200 Rs par jour.
7. Taux d'intérêt = 12 pour cent.
8. Le coût des frais d'électricité est de 840 Rs / ha / année.
9. On prend une valeur locative de la terre de 15 000 Rs / ha.
10. Valeur d'un dollar US = quarante roupies indiennes

RESULTATS

On analyse les données obtenues à partir des expériences réalisées au *Karnataka State Sericulture Research & Development Institute*, Thalagattapura, Bangalore et on les présente sous les titres suivants :

1. Investissement initial dans les différentes méthodes d'irrigation
2. Aspect économique des différentes méthodes d'irrigation
3. Evaluation de l'investissement dans les méthodes d'irrigation

1. Investissement initial dans les différentes méthodes d'irrigation :

L'investissement initial en capital avec les deux systèmes d'irrigation (pour le réseau de tuyaux et de filtres) est de 85 293 Rs (1 854 \$ U.S.) et de 65 682 Rs (1 428 \$ U.S.) respectivement pour les systèmes de goutte à goutte et du ruban Chapin. Le coût de réparation et d'entretien pour le système de goutte à goutte est de 2 132 Rs (46 US \$) par an et pour le système du ruban chapin, de 1 642 Rs (36 \$ U.S.) par an (Tableau I). Ces frais d'investissement et d'entretien n'existent pas avec la méthode des sillons.

Mais avec la méthode des sillons, le coût de réalisation des sillons / des rigoles est de 2 500 Rs (54 U.S. \$) par an (Tableau II).

2. Aspect économique des différentes méthodes d'irrigation :

Les divers types de coûts générés par la culture du mûrier considérés comme des coûts variables et fixes sont présentés dans le Tableau II. Les coûts variables comprennent les coûts des intrants, les coûts de main d'œuvre et les coûts d'opportunité. On observe que la méthode des sillons entraîne les coûts variables les plus élevés de 59 296 Rs (1 289 U.S. \$) suivis par la méthode du ruban chapin (43 896 Rs) (954 US \$) et la méthode de goutte à goutte (40 256 Rs) (875 \$ U.S.) pour la production de feuilles de mûrier. Cela est dû aux coûts de main d'œuvre plus élevés avec la méthode des sillons. Le coût total de la main d'œuvre représente 61,48 % avec la méthode des sillons, contre seulement 48,35 et 51,75 % pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin. Le coût de main d'œuvre plus élevé avec la méthode des sillons est dû à un emploi plus important de main d'œuvre pour le nettoyage, le désherbage, les opérations interculturelles et l'irrigation puisque l'irrigation des sillons entraîne une croissance abondante de mauvaises herbes. Les coûts fixes comprennent le coût d'amortissement pour établir la muraie, la dépréciation, la valeur locative de la terre et les coûts d'entretien annuels (Tableau II). Les coûts totaux sont plus élevés avec la méthode des sillons soit

80 536 Rs (1 571 \$ U S) par ha. A l'opposé, avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin, ces coûts sont plus faibles soit 72 157 Rs (1 569 \$ US) et 78 124 Rs (1 698 \$ US).

Aspect économique de la production de mûrier avec les trois méthodes d'irrigation :

Pour examiner la rentabilité des trois méthodes d'irrigation, on évalue leur aspect économique détaillé et les résultats de l'évaluation économique sont présentés dans le Tableau III pour les trois méthodes d'irrigation séparément.

Cas 1 : 0,9 CPE / Epan avec toutes les méthodes au même niveau d'irrigation :

On évalue l'aspect économique pour un hectare avec toutes les méthodes. La méthode d'irrigation au goutte à goutte enregistre le rendement le plus élevé de 56 060 kg suivi par le ruban chapin (52 552 kg) et la méthode des sillons (49 387 kg) avec la combinaison de traitement de 60 × 60 cm + 0,9 Epan. Le coût variable total est le plus bas avec la méthode du goutte à goutte soit 40 256 Rs (875 \$ US) par année par ha. Les coûts variables sont plus élevés avec la méthode des sillons. Mais les coûts fixes sont les plus bas avec la méthode des sillons puisqu'il n'y a pas d'investissement supplémentaire en capital pour les machines et l'équipement comme avec les deux autres méthodes. En raison du rendement inférieur et du coût de culture plus élevé avec la méthode des sillons, le coût moyen de production par kg est plus élevé avec cette méthode. Par conséquent, le revenu net obtenu par ha est inférieur avec la méthode des sillons. On obtient le revenu net maximum avec la méthode de goutte à goutte (Rs 39 963 ha / an) (869 US \$) suivie par la méthode du ruban Chapin (26 890 Rs / ha / an) (585 U. S. \$). Le ratio bénéfice – coût (sans escompte) ou le taux simple de profit est plus élevé avec la méthode de goutte à goutte (1,55) suivi par la méthode du ruban chapin (1,31) par comparaison à la méthode des sillons (1,23). Le revenu net supplémentaire par rapport à la méthode des sillons est de 32 386 Rs (704 \$ US) et de 21 730 Rs (472 \$ US) avec respectivement les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin. La période de remboursement, qui indique le temps nécessaire pour recouvrer l'investissement initial en capital avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin est relativement plus courte, soit respectivement 2,13 et 2,44 ans. On peut donc en déduire que le système du goutte à goutte est la meilleure méthode d'irrigation pour le mûrier dans le cadre de ce traitement.

Cas 2 : niveau de 0,9 pour la méthode des sillons et niveau de 0,6 pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin (économie d'eau de 33 %) :

Compte tenu des économies d'irrigation de 33 % avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin, on peut irriguer une surface supplémentaire de mûraie de 0,5 hectare (0,6 Epan) avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons. C'est à dire qu'avec la même quantité d'eau, les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin peuvent couvrir 1,5 hectares pour un ha avec la méthode des sillons. Cela est susceptible de générer des revenus plus élevés pour les fermiers. L'ensemble du rendement foliaire dans le cas du goutte à goutte et du ruban chapin est de 81 520 et de 76 615 kg comparé à 49 387 kg par ha par an avec la méthode des sillons. Compte tenu de l'augmentation du rendement foliaire, le coût moyen de production diminue radicalement et le revenu net passe à 54 804 Rs (1 191 \$ US) et à 35 909 Rs (781 \$ U.S.) par ha par année respectivement avec les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à 18 238 Rs (396 US \$) avec la méthode des sillons.

Le ratio bénéfice- coût (sans escompte) ou le taux simple de profit est le plus élevé avec la méthode de goutte à goutte (1,51) suivie par la méthode du ruban chapin (1,31) par comparaison à la méthode des sillons (1,23). Le revenu net supplémentaire par rapport à la méthode des sillons est de 63 178 Rs (1 373 U.S. \$) et de 47 908 Rs (1 041 US \$) respectivement avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin. La période de remboursement pour les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin est respectivement de 2,33 et 2,74 ans.

Cas 3 :

Niveau de 0,9 avec la méthode des sillons et niveau de 0,3 avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin (économie d'eau de 66 %) :

Dans ce cas, on peut gagner une surface supplémentaire de muraie de 2 hectares avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons. C'est à dire qu'avec la même quantité d'eau, là où le système d'irrigation avec les sillons peut irriguer un hectare, les systèmes d'irrigation au goutte à goutte et avec le ruban chapin peuvent couvrir 3 hectares. Comme le montre le Tableau II, on enregistre le rendement foliaire maximum avec la méthode du ruban chapin (151 896 kg / ha / an) suivie par la méthode du goutte à goutte (146 964 Kg / ha / an). On enregistre le revenu brut le plus élevé avec la méthode du ruban chapin de 234 642 Rs (5 101 U.S. \$) mais on obtient le revenu net le plus élevé avec la méthode du goutte à goutte (77 456 Rs) (1 684 U.S. \$). Le ratio bénéfice- coût (sans escompte) ou le taux simple de profit est plus élevé avec la méthode du goutte à goutte (1,36) suivie par la méthode du ruban chapin (1,29) par comparaison à la méthode des sillons (1,23). Le revenu net supplémentaire par comparaison à la méthode des sillons est de 133 682 Rs (2 906 \$ US) et de 132 626 Rs (2 883 \$ US) respectivement avec la méthode du goutte à goutte et du ruban chapin. La période de remboursement pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin est de respectivement 3,3 et 2,85 ans.

3. Evaluation de l'investissement dans les méthodes d'irrigation :**a) Techniques d'escompte de la trésorerie :**

Les méthodes d'irrigation au goutte à goutte et du ruban chapin sont des améliorations à long terme comprenant un investissement important en équipement et en tuyaux. Leur impact est donc de longue durée pour les fermes. Il est donc impératif d'évaluer l'investissement réalisé avec ces systèmes d'irrigation. On évalue l'investissement de ces systèmes en utilisant des techniques de budgétisation du capital qui utilisent des mesures d'escompte du ratio bénéfice-coût, de la valeur actuelle nette (NPV) et du taux interne de profit (IRR). On peut évaluer la viabilité économique de ces systèmes séparément pour les trois cas comme suit.

Cas 1 : Même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE / Epan) pour toutes les méthodes d'irrigation :

L'investissement initial en capital avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin est présenté dans le Tableau IV avec les résultats de l'évaluation de l'investissement dans les trois cas. L'investissement pour le système de goutte à goutte sur une période de dix ans est de 85 293 Rs (1 854 US \$) par ha tandis que l'investissement avec le système du ruban chapin est légèrement plus élevé soit 94 078 Rs (2 045 US\$) parce qu'au bout de cinq ans on procède à un réinvestissement pour l'adhésif chapin puisque la vie du ruban chapin n'est que de cinq ans. Ainsi, sur une période de dix ans dans le cas du ruban chapin, il faut réinvestir de manière à faire des comparaisons avec le système de goutte à goutte, qui a une durée de vie de dix ans. Le ratio bénéfice- coût (escompté) avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons est de 1,9 et de 1,16 respectivement, ce que l'on peut interpréter comme un investissement supplémentaire en roupies pour le goutte à goutte et le ruban chapin pour produire un bénéfice de 1,9 et de 1,16 Rs respectivement avec le goutte à goutte et le ruban chapin. La valeur actuelle nette (NPV) des systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin par rapport à la méthode des sillons est de 77 244 Rs (1 679 US \$) et de 14 979 Rs (326 U.S. \$) respectivement pour une période de dix ans. Puisque la NPV est positive, on peut considérer que l'investissement est sain pour le goutte à goutte et le ruban chapin. Le taux interne de profit (IRR) pour les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin est respectivement de 36,25 et 20,04 % par lequel on peut en déduire que pour toute roupie supplémentaire investie avec les deux systèmes d'irrigation, le taux supplémentaire de profit ou le rendement est de respectivement 36,25 et 20,04 Rs avec les deux systèmes. Cependant, entre les deux systèmes, le goutte à goutte est plus rentable, comme le montrent les indicateurs d'évaluation du projet.

Cas 2 : niveau de 0,9 avec la méthode des sillons et niveau de 0,6 avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin (économie d'eau de 33 %) :

L'investissement pour le système de goutte à goutte sur une période de dix ans est de 127 940 Rs (2 781 US \$) puisqu'une surface supplémentaire de 0,5 ha peut être traitée grâce aux économies d'eau de l'ordre de 33 %. Ainsi, dans ce cas, l'ensemble de la surface qui peut être cultivée est de 1,5 ha et donc l'investissement initial de capital avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin est de 127 940 Rs (2 781 US \$) et de 147 506 Rs (3 207 US \$). L'investissement avec le système du ruban chapin est plus élevé comme nous l'avons expliqué dans la partie précédente.

Il est intéressant d'observer que tous les indicateurs d'évaluation de l'investissement sont plus élevés dans ce cas que dans le premier cas. Les ratios bénéfice - coût pour les systèmes du goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons sont de respectivement 2,47 et 1,63. La valeur actuelle nette (NPV) pour les systèmes de goutte à goutte et le ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons est respectivement de 189 136 Rs (4 112 U.S. \$) et de 92 232 Rs (2 020 US \$). Le taux interne de profit (IRR) avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin est respectivement de 48,47 et 39,59 %. Les résultats de cette étude montrent clairement que le système de goutte à goutte est supérieur par rapport au ruban chapin puisque tous les indicateurs d'analyse budgétaire du capital sont plus élevés pour la méthode du goutte à goutte que pour le ruban chapin.

Cas 3 : Niveau de 0,9 pour la méthode des sillons avec un niveau de 0,3 pour les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin (économie d'eau de 66 %) :

Une économie d'eau de l'ordre de 66 % permet aux cultivateurs d'augmenter la surface de mûriers cultivés à une surface globale de trois ha. En raison de l'augmentation de la surface irriguée, l'investissement initial en capital pour les trois ha irrigués avec le goutte à goutte et le ruban chapin sur une période de dix ans sera de 255 879 (5 563 US \$) et de 295 012 Rs (6 413 US \$) pour les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin. Comme dans les deux cas précédents, ici aussi l'amplitude des indicateurs d'évaluation du projet pour le ratio bénéfice-coût, la NPV et l'IRR sont plus élevés avec le système de goutte à goutte qu'avec le système du ruban chapin. Les valeurs des ratios B : C pour les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin sont respectivement de 2,62 et 2,25. De même, la valeur de la NPV est plus élevée pour le goutte à goutte à 415 040 Rs (9 023 US \$) par comparaison à 370 606 Rs (U. S. \$ 8 057) pour le système du ruban chapin. Le taux interne de profit (IRR) des systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons est de respectivement 51,43 et 39,59 %. Sur les trois cas, le cas trois est le plus payant comme le révèle la technique d'analyse budgétaire du capital et entre le système de goutte à goutte et le système du ruban chapin, le goutte à goutte apparaît préférable parce qu'il est plus payant financièrement que le système du ruban chapin.

b) Gain d'efficacité avec les différents systèmes d'irrigation :

L'un des avantages des nouvelles technologies ou pratiques est le gain d'efficacité en termes d'augmentation du rendement et d'économies des facteurs surtout tels que l'eau comme on a pu le voir dans la partie précédente. Le niveau de gain d'efficacité avec les nouveaux systèmes d'irrigation pourrait donc être un critère important en vue de l'adoption de ces pratiques. On calcule les gains d'efficacité dans les trois cas séparément (Tableau V) et les résultats sont présentés ci-dessous.

Cas 1 : Au même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE / Epan) avec toutes les méthodes d'irrigation :

Le montant des ressources économisées (R+) par hectare grâce à l'adoption des systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin est de 16 967 Rs (369 US \$) et de 7 034 Rs (153 US \$) respectivement par rapport à la méthode des sillons. Si l'on n'adopte pas les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin, le montant potentiel des ressources perdues serait de respectivement 19 259 Rs (419 US \$) et 7 485 Rs (163 U.S.\$). L'augmentation supplémentaire de la production avec

les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin (c'est à dire l'aspect technologique des systèmes d'irrigation du goutte à goutte et du ruban chapin) est de respectivement 26,69 % et de 9,57 % avec le niveau d'apport en irrigation pour la méthode des sillons.

Cas 2 : Niveau de 0,9 avec la méthode des sillons et niveau de 0,6 avec les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin (33 % d'économie d'eau) :

Le montant des ressources économisées (R+) par hectare grâce à l'adoption des systèmes d'irrigation au goutte à goutte et du ruban chapin est de 14 964 Rs (325 U.S. \$) et de 4 909 Rs (107 \$ U.S.) respectivement par rapport à la méthode des sillons. Si les systèmes d'irrigation au goutte à goutte et du ruban chapin n'étaient pas disponibles, il y aurait une perte en ressources potentielles de respectivement 24 699 Rs (537 U.S. \$) et de 7 616 (166 U.S. \$). L'augmentation de production avec les systèmes d'irrigation au goutte à goutte et de l'adhésif chapin (c'est à dire l'aspect technologique des systèmes d'irrigation du goutte à goutte et du ruban chapin) est de respectivement 22,82 % et 6,49 % avec le niveau d'apport en irrigation de la méthode des sillons.

Cas 3 : Niveau de 0,9 avec les méthodes des sillons et niveau de 0,3 avec les méthodes de goutte à goutte et de ruban chapin (économies d'eau de 66 %) :

Le montant des ressources économisées (R+) par hectare grâce à l'adoption des systèmes d'irrigation au goutte à goutte et du ruban chapin est de 7 791 Rs (169 U.S. \$) et de 4 245 Rs (92 U.S. \$) respectivement par rapport à la méthode des sillons. Si les systèmes d'irrigation de goutte à goutte et du ruban chapin n'étaient pas disponibles, la perte en ressources potentielles serait respectivement de 23 184 Rs (504 US \$) et de 13 056 Rs (284 US \$). L'augmentation de production avec les systèmes d'irrigation au goutte à goutte et du ruban chapin (c'est à dire l'apport sur le plan technologique des systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin) est de respectivement 10,71 % et 5,56 % avec le niveau d'irrigation de la méthode des sillons.

DISCUSSION

Dans cette étude, l'investissement initial avec le système de goutte à goutte est plus important qu'avec le système du ruban chapin. Mais en considérant la durée de vie de 10 ans du système de goutte à goutte et de 5 ans du système du ruban chapin, le coût encouru pour le système de goutte à goutte est moins important que pour le système chapin. Les parcelles irriguées au goutte à goutte ont moins de mauvaises herbes par comparaison aux parcelles irriguées avec le système du ruban chapin et par la méthode des sillons. De plus, on peut réaliser des économies de main d'œuvre avec le goutte à goutte et le ruban chapin puisqu'il ne faut pratiquement pas de main d'œuvre pour irriguer, le système de tuyaux apportant l'eau aux plants de mûrier. Par contre, avec la méthode des sillons, il faut plus de main d'œuvre pour l'irrigation et le désherbage. Ainsi, les coûts variables et les coûts totaux encourus pour la production de mûriers avec la méthode des sillons sont plus importants qu'avec les systèmes de goutte à goutte et du ruban chapin.

On évalue l'aspect économique des trois méthodes d'irrigation avec les trois niveaux d'irrigation. Le premier cas est un niveau d'irrigation constant de 0,9 CPE avec la méthode des sillons et on le compare à 0,3 ; 0,6 et 0,9 Epan pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin. Dans le premier cas (au même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE / Epan) avec toutes les méthodes et dans le deuxième cas (niveau de 0,9 CPE pour la méthode des sillons et niveau de 0,6 Epan pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin (économies d'eau de 33 %), les revenus supplémentaires nets sont plus importants avec la méthode du goutte à goutte qu'avec la méthode du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons. Cela montre que la performance du système de goutte à goutte est meilleure dans les deux cas par comparaison au système du ruban chapin. Dans le troisième cas, (niveau de 0,9 CPE avec la méthode des sillons et niveau d'Epan de 0,3 pour les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin, économie d'eau de 66 %) le revenu supplémentaire

est à égalité entre le système du goutte à goutte et le ruban chapin. Dans ce cas, le ruban chapin donne de meilleurs résultats parce que le rendement foliaire est plus important qu'avec la méthode de goutte à goutte. Par ailleurs, la période de remboursement est inférieure avec la méthode de goutte à goutte dans les premier et second cas et supérieure dans le troisième cas par rapport à la méthode du ruban chapin.

Avec le minimum d'apport en irrigation (0,3 Epan) la période de remboursement est plus longue à la fois avec les méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin, soit respectivement 3,3 et 2,85 ans. Avec un apport en irrigation de 0,6 Epan, la période de remboursement est respectivement de 2,33 et 2,74 ans tandis qu'avec l'apport maximum en irrigation (0,9 Epan) la période de remboursement est légèrement inférieure soit respectivement 2,13 et 2,44 ans, ce qui indique un recouvrement plus précoce de l'investissement. Cela montre que pour le fermier qui a suffisamment d'eau pour irriguer, le niveau d'irrigation idéal est de 0,9 Epan puisqu'il apporte des profits économiques plus élevés.

Dans les trois cas, le ratio bénéfice-coût (sans escompte) ou le taux simple de profit est plus important avec la méthode du goutte à goutte suivie par la méthode du ruban chapin et il est plus faible avec la méthode des sillons.

L'évaluation de l'investissement pour le goutte à goutte et le ruban chapin, montre que les indicateurs d'évaluation du projet sont supérieurs aux niveaux critiques / seuils, ce qui révèle la viabilité financière de l'investissement. Mais dans le cas du goutte à goutte, les valeurs du ratio bénéfice-coût, de la NPV et de l'IRR sont plus importantes qu'avec le ruban chapin, ce qui suggère que le goutte à goutte est plus payant sur le plan économique que le ruban chapin. On peut donc recommander le système du goutte à goutte aux fermiers, puisqu'il permet plus d'économies et engendre des profits supplémentaires plus élevés pour les fermiers.

On a analysé le gain d'efficacité des méthodes du goutte à goutte et du ruban chapin par comparaison à la méthode des sillons. Ici, dans les trois cas, l'augmentation de la production en pourcentage avec l'irrigation au goutte à goutte est plus importante qu'avec la méthode du ruban chapin. Cela montre que dans une muraille avec un espacement des plants de 60 × 60 cm, le système de goutte à goutte est plus efficace que le système du ruban chapin par rapport à la méthode des sillons. Sikdar et Chandrasekar (1992) ont rapporté que les profits supplémentaires de 47 775 Rs (1 039 U.S. \$) paieraient l'investissement de 183 994 Rs (4 000 US \$) / ha chez le mûrier en 4 ans environ. De même, Saratchandra et coll., (1992) ont rapporté que l'irrigation au goutte à goutte entraîne une économie de l'eau d'irrigation de 33 % ainsi qu'un rendement foliaire supérieur. Muralidhara et coll., ont rapporté que les meilleures performances paieraient l'investissement élevé initial de l'irrigation au goutte à goutte en 3,75 ans.

CONCLUSION

Cette étude démontre qu'en adoptant les méthodes de goutte à goutte et du ruban chapin avec l'espacement de 60 × 60 cm, il est possible d'économiser 33 à 66 % de l'eau pour l'irrigation avec des profits supplémentaires de 32 386 Rs (704 US \$), de 63 178 Rs (1 373 US \$), de 133 682 Rs (2 906 US \$) avec la méthode du goutte à goutte et de 21 730 Rs (472 US \$), 47 908 Rs (1 041 US \$), 132 626 Rs (2 883 US \$) avec la méthode de ruban chapin par rapport à la méthode des sillons dans respectivement le premier, deuxième et troisième cas. Parmi les trois cas, le premier cas (même niveau d'apport en irrigation (0,9 CPE / Epan) avec toutes les méthodes d'irrigation) est meilleur pour les fermiers disposant de suffisamment d'eau, puisqu'il apporte un revenu supplémentaire de 32 386 Rs (704 US \$) / ha et que sa période de remboursement est inférieure (2,13 ans).

**AGE-SPECIFIC FERTILITY LIFE-TABLE OF LEAF-ROLLER,
DIAPHANIA PULVERULENTALIS (HAMPSON)
(LEPIDOPTERA : PYRALIDAE), AT DIFFERENT
TEMPERATURES AND RELATIVE HUMIDITY**

B. MARIMADAI AH* & M. GEETHA BAI

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

*The age-specific fertility life-table of leaf-roller, **Diaphania pulverulentalis**, a pest of mulberry, **Morus alba L.** (Moraceae) was studied in the laboratory at three different temperatures. The population growth of leaf-roller, **D. pulverulentalis**, varies with temperatures. The net reproductive rate (R_0), innate capacity for increase (r_c), intrinsic rate of natural increase (r_m) and finite rate of increase (λ) at 20, 25 and 30° C were 97.8, 0.0939, 0.941 and 1.098 ; 100.6, 0.1494, 0.1499 and 1.1617 and 21.3, 0.1263, 0.1265 and 1.1349, respectively. The details of longevity, gross reproductive rate, population doubling time and sex-ratio at three different temperatures are discussed.*

Keywords: *Diaphania pulverulentalis*, mulberry pest, life-table.

INTRODUCTION

The leaf-roller, *Diaphania* (= *Margaronia*) *pulverulentalis* (Hampson) (Lepidoptera: Pyralidae) is a severe pest of mulberry, *Morus alba* L. (Moraceae). This pest was recorded as a pest of mulberry for the first time in Karnataka during 1995 (Geetha Bai *et al.*, 1997). Rajadurai *et al.*, (1999) have reported *D. pulverulentalis* to be a serious pest of mulberry in Karnataka, Andhra Pradesh and Tamil Nadu. Life-table study is one of the useful numerical aids in studying population biology (Southwood, 1978). It is a summary statement in the life of a typical individual of a population helping in studying distribution, determination of age and mortality of the organism and from its data the expected life remaining to an individual can be calculated (Price, 1984). Life-table study on *D. pulverulentalis* has not been reported earlier.

MATERIALS AND METHODS

A freshly emerged and mated male and female were held in a conical flask (one litre capacity) with tender mulberry shootlets for oviposition and 50% honey solution was provided. The shootlets were examined daily for leaf-roller eggs and were replaced by fresh shootlets every day till death. The shootlets were held in a polythene bag (25 × 37 cm) and caterpillars were provided with fresh mulberry leaves till pupation. The number of female moths emerged daily from the first day till the last day of oviposition was recorded. Age-specific life-tables were prepared and the data were statistically analysed (Andrewartha and Birch, 1954 ; Southwood, 1978).

* Corresponding author

$$R_0 = \sum x l_x m_x$$

$$T_c = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r_m}$$

$$r_c = \frac{\ln R_0}{T_c}$$

r_m may be calculated using the formula

$$\sum_x e^{-r_m x} l_x m_x = 1$$

$$\lambda = \frac{r_m}{e}$$

$$DT = \frac{\ln 2}{r_m}$$

Where,

x = pivotal age in days

l_x = age-specific longevity

m_x = number of females produced / female

R_0 = net reproductive rate

T_c = mean length of generation

T = true generative time

r_m = intrinsic rate of natural increase

r_c = capacity for increase

λ = finite capacity for increase

DT = doubling time

This study was carried out in the laboratory at three different temperatures and humidity i. e., 20 $\pm$ 1° C, RH 70-85%, 25 $\pm$ 1° C, RH 70-85% and 30 $\pm$ 1° C, RH 55-70%, in five replications.

RESULTS AND DISCUSSION

Studies on life-tables of *D. pulverulentalis* at three different temperatures were conducted for the first time and the results are presented here. The data on the age-specific longevity and fecundity of *D. pulverulentalis* at 20, 25 and 30°C are presented in Tables (I, II and III) and the life-table statistics are presented in Table IV

Table I. Age-specific fertility life-table of *Diaphania pulverulentalis* at $20 \pm 1^\circ \text{C}$, 70-85 % RH.

Tableau I. Table de vie de la fertilité en fonction de l'âge de *Diaphania pulverulentalis* à $20 \pm 1^\circ \text{C}$, 70-85 % HR.

Pivotal age (days)	Age specific longevity (l_x)	Age specific fecundity (M_x)	$l_x M_x$	$\sum l_x M_x$
Age Pivot (jours)	Longévité en fonction de l'âge (l_x)	Fécondité en fonction de l'âge (M_x)		
0-33	Immature stages Stades immatures			
34	1	-	-	-
35	1	-	-	-
36	1	-	-	-
37	1	-	-	-
38	1	-	-	-
39	1	-	-	-
40	1	-	-	-
41	1	-	-	-
42	1	-	-	-
43	1	-	-	-
44	1	-	-	-
45	1	-	-	-
46	1	-	-	-
47	1	16.80	16.80	789.60
48	1	25.60	25.60	1228.80
49	1	32.60	32.60	1597.40
50	1	11.80	11.80	590.00
51	0.60	13.00	7.80	397.80
52	0.20	16.00	3.20	166.40
53	0.20	0.00	0.00	0.00
Total		115.80	97.80	4770.00

Table II. Age-specific fertility life-table of *Diaphania pulverulentalis* at $25 \pm 1^\circ \text{C}$, 70-85 % RH.

Tableau II. Table de vie de la fertilité de *Diaphania pulverulentalis* en fonction de l'âge à $25 \pm 1^\circ \text{C}$ et 70-85 % d'HR.

Pivotal age (days)(x)	Age specific longevity (l_x)	Age specific fecundity (M_x)	$l_x M_x$	$\Sigma l_x M_x$
Age pivot en jours (x)	Longévité en fonction de l'âge (l_x)	Fécondité en fonction de l'âge (M_x)		
0-25	Immature stages Stades immatures			
26	1	-	-	-
27	1	-	-	-
28	1	-	-	-
29	1	12.00	12.00	348.00
30	1	35.20	35.20	1056.00
31	0.80	26.50	21.20	657.20
32	0.80	23.75	19.00	608.00
33	0.80	16.50	13.20	435.60
34	0.80	0.00	0.00	0.00
Total		113.95	100.60	3104.80

The net reproductive rate (R_0) was 97.8 at 20°C , 100.6 at 25°C and 14.78 at 30°C per generation. The innate capacity for increase (r_c) at 20, 25 and 30°C was 0.0939, 0.1494 and 0.1263, respectively. The intrinsic rate of natural increase (r_m) at 20, 25 and 30°C was 0.0941, 0.1499 and 0.1265, respectively. The finite rate of increase at 20, 25 and 30°C was 1.098, 1.1617 and 1.1349, respectively. Gross reproductive rate (M_x) was 115.80 at 20°C , 113.95 at 25°C and 20.10 females / female at 30°C . The population doubling time (DT) was 7.36 days at 20°C , 4.62 days at 25°C and 5.48 days at 30°C . The mean generation time (T_c) was 48.77 days at 20°C , 30.86 days at 25°C and 21.31 days at 30°C , that approximated the true generation time (T) of 48.7 days at 20°C , 30.75 days at 25°C and 21.28 days at 30°C . The sex-ratio between male and female moths was 1:1.02 at 20°C , 1:1.10 at 25°C and 1:1 at 30°C . The sex-ratio between male and females did not show significant differences between the three treatments. The average longevity of ovipositing females was 18 days at 20°C , 8.2 days at 25°C and 5.4 days at 30°C , indicating that longevity decreased with increase in temperature. The difference in longevity of leaf-roller ovipositing female moths was significant between 20 and 25°C and 25 and 30°C .

Table III. Age-specific fertility life-table of *Diaphania pulverulentalis* at $30 \pm 1^\circ \text{C}$, 55-70% RH.

Tableau III. Table de vie de la fertilité de *Diaphania pulverulentalis* en fonction de l'âge à $30 \pm 1^\circ \text{C}$, 55-70 % d'HR.

Pivotal age in days (x)	Age specific longevity (lx)	Age specific fecundity (mx)	$l_x M_x$	$Xl_x M_x$
Age pivot en jours (x)	Longévité en fonction de l'âge (lx)	Fécondité en fonction de l'âge (mx)		
0-17	immature stages stades immatures			
18	1	-	-	-
19.00	1	-	-	-
20.00	1	1.80	1.80	36.00
21.00	1	7.00	7.00	147.00
22.00	0.60	9.30	5.58	122.76
23.00	0.20	2.00	0.40	9.20
24.00	0.20	-	-	-
Total		20.10	14.78	314.96

Various growth attributes, obtained from the fertility life-tables studied on *D. pulverulentalis* at 20, 25 and 30°C in the laboratory revealed that, as the temperature increases, longevity, pre-oviposition periods, gross reproductive rate and oviposition periods decreased. The net reproduction rate was found to be higher at 25°C followed by 20°C and 30°C . The innate capacity for increase, the intrinsic rate of natural increase and observed finite rate of increase were found to be higher at 25°C followed by 30°C and 20°C , respectively.

Temperature and humidity play an important role in building up of leaf-roller population. Various population growth parameters, i. e. higher values of gross reproduction rate, net reproduction rate, innate capacity for increase, intrinsic rate of natural increase and lower doubling time were found at 25°C and hence this temperature is considered to be favourable for population build-up of the leaf-roller. According to Birch (1948), the innate capacity of a species for increase in number (r_m) has a number of component variables, i. e., the length of the immature stages, the life-tables and the age-specific fecundity. These components have their own significance and apply their respective weights.

Table IV. Life-table statistics of *Diaphania pulverulentalis* at different temperatures.

Tableau IV. Statistiques sur la table de vie de *Diaphania pulverulentalis* à différentes températures.

Particulars / Données	Temperature		
	20 ± 1° C	25 ± 1° C	30 ± 1° C
R ₀	97.80	100.60	14.78
R _c	0.0939	0.1494	0.1263
r _m	0.0941	0.1499	0.1265
(λ)	1.098	1.1617	1.1349
T	48.70	30.75	21.28
T _c	48.77	30.86	21.31
DT	7.36	4.62	5.48
Maximum longevity Longévité maximum	20 days 20 jours	9 days 9 jours	7 days 7 jours
Minimum longevity Longévité minimum	17 days 17 jours	5 days 5 jours	4 days 4 jours
Mean longevity Longévité moyenne	18 days 18 jours	8.2 days 8,2 jours	5.4 days 5,4 jours

Though the fecundity of leaf-roller was highest at 20° C, the rate of multiplication was low due to higher generation time. At higher temperature (30° C), fecundity decreased and mortality of leaf-roller caterpillars and pupae increased. During our earlier studies on seasonal occurrence of leaf-roller during 1995 to 1998 near Bangalore, infestation of mulberry by leaf-roller was very low at 30° C and when the temperature exceeded 30° C, mulberry plantations were free from leaf-roller (Geetha Bai and Marimadaiah, 2002).

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are grateful to Dr U. D. Bongale, Director and Dr R. Raghuraman, Divisional chief, KSSRDI for the facilities and the supporting staff of Entomology Unit for technical assistance.

REFERENCES

- ANDREWARTHA H. G. & BIRCH L. C. (1954) The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.
- BIRCH I. C. (1948) The intrinsic rate of natural increase in an insect population. J. Anim. Ecol., 17: 15-26.

- GEETHA BAI M., MARIMADAI AH B., NARAYANASWAMY K. C. & RAJAGOPAL D. (1997) An outbreak of leaf-roller pest, *Diaphania* (= *Margaronia*) *pulverulentalis* (Hampson) on mulberry in Karnataka. Geobios New Reports 16(2): 73-79.
- GEETHA BAI M., MARIMADAI AH B. (2002) Seasonal occurrence of the mulberry leaf-roller, *Diaphania pulverulentalis* (Hampson) and its parasitoids. Entomon 27(1): 51-56.
- PRICE P. W. (1984) Insect Ecology, John Wiley and Son, New York, pp. 1-607.
- RAJADURAI S., MANJUNATHA D., KATYAR R. L., PRASAD K. S., SEN A. K.; SHEKAR M. A.; AHSAN M. M. & DATTA R. K. (1999) Leaf-roller, a serious pest of mulberry. Indian Silk, 37(1): 9-11.
- SOUTHWOOD T. R. E. (1978) Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. FLBS and Chapman Hall, Cambridge, pp. 1-524.

FERTILITE DE L'ENROULEUR DE LA FEUILLE, *DIAPHANIA PULVERULENTALIS* (HAMPSON) (LEPIDOPTERA : PYRALIDAE) EN FONCTION DE L'AGE A DES TEMPERATURES ET HUMIDITES RELATIVES DIFFERENTES

B. MARIMADAIH* & M. GEETHA BAI

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

On a étudié la fertilité en fonction de l'âge, de *Diaphania pulverulentalis*, un parasite du mûrier, *Morus alba* L. (Moraceae) en laboratoire élevé à trois températures différentes. La croissance de la population de l'enrouleur de la feuille, *D. pulverulentalis*, varie avec les températures. Le taux net reproductif (R_0), la capacité innée d'augmentation (r_0), le taux intrinsèque d'augmentation naturelle (r_m) et le taux fini d'augmentation (λ) à 20, 25 et 30° C sont respectivement de 97,8 ; 0,0939 ; 0,941 et 1,098 ; 100,6 ; 0,1494 ; 0,1499 et 1,1617 et 21,3 ; 0,1263 ; 0,1265 et 1,1349. Nous discutons des caractéristiques de longévité, du taux brut de reproduction, de la durée de doublement de la population et du sexe- ratio selon trois températures.

INTRODUCTION

L'enrouleur de la feuille, *Diaphania* (= *Margaronia*) *pulverulentalis* (Hampson) (Lepidoptera : Pyralidae) est un parasite sérieux du mûrier, *Morus alba* L. (Moraceae). On l'a répertorié comme parasite du mûrier pour la première fois au Karnataka en 1995 (Geetha Bai et coll., 1997). Rajadurai et coll., (1999) ont rapporté que *D. pulverulentalis* est un parasite sévère du mûrier au Karnataka, dans l'Andhra Pradesh et au Tamil Nadu. L'étude de son cycle de vie est l'une des aides numériques utiles pour étudier la biologie d'une population (Southwood, 1978). C'est un résumé de la vie d'un individu typique d'une population qui permet d'étudier sa distribution, la détermination de l'âge et la mortalité de l'organisme. D'après ces données, on peut calculer l'espérance de vie d'un individu (Price, 1984). On n'a pas rapporté d'étude de ce type sur *D. pulverulentalis* jusqu'à présent.

MATERIELS ET METHODES

On maintient dans un bocal conique (capacité d'un litre) un mâle et une femelle ayant émergé depuis peu et s'étant accouplés avec des pousses de mûrier tendres pour la ponte et on leur apporte une solution de miel à 50 %. On examine les pousses quotidiennement pour voir les œufs de l'enrouleur de la feuille et on les remplace par des pousses fraîches chaque jour jusqu'à la mort. On maintient les pousses dans un sac en plastique (25 × 37 cm) et on donne des feuilles de mûrier fraîches aux chenilles jusqu'à la nymphose. On enregistre le nombre de papillons femelles qui émerge chaque

* Auteur auquel adresser la correspondance.

jour du premier jour jusqu'au dernier jour de ponte. On prépare les tables de vie en fonction de l'âge et on analyse les données de manière statistique (Andrewartha et Birch, 1954 ; Southwood, 1978).

$$R_0 = \sum x l_x m_x$$

$$T_c = \frac{\sum x l_x m_x}{\sum l_x m_x}$$

$$T = \frac{\ln R_0}{r_m}$$

$$r_c = \frac{\ln R_0}{T_c}$$

On peut calculer r_m en utilisant la formule

$$\sum_x e^{-r_m x} l_x m_x = 1$$

$$\lambda = \frac{r_m}{e}$$

$$DT = \frac{\ln 2}{r_m}$$

Où,

x = âge pivot en jours

l_x = longévité selon l'âge

m_x = nombre de femelles produites / femelle

R_0 = taux net de reproduction

T_c = longueur moyenne de la génération

T = durée générative véritable

r_m = taux intrinsèque d'augmentation naturelle

r_c = capacité d'augmentation

λ = capacité d'augmentation finie

DT = durée de doublement

On réalise cette étude en laboratoire à trois températures et humidité relative différentes, c'est à dire $20 \pm 1^\circ \text{C}$, HR 70 à 85 %, $25 \pm 1^\circ \text{C}$, HR 70 à 85 % et $30 \pm 1^\circ \text{C}$, HR de 55 à 70 %, en cinq répétitions.

RESULTATS ET DISCUSSION

On a réalisé pour la première fois des études sur les tables de vie de *D. pulverulentalis* avec trois températures différentes et les résultats sont présentés ici. Les données sur la longévité en fonction de l'âge et la fécondité de *D. pulverulentalis* à 20, 25 et 30°C sont présentées dans les Tableaux (I, II et III) et les statistiques de la table de vie sont présentées dans le Tableau IV.

Le taux reproductif net (R_0) est de 97,8 à 20°C , 100,6 à 25°C et 14,78 à 30°C par génération. La capacité innée d'augmentation (r_c) à 20, 25 et 30°C est de respectivement 0,0939 ; 0,1494 et 0,1263. Le taux intrinsèque d'augmentation naturelle (r_m) à 20, 25 et 30°C est de respectivement 0,0941 ; 0,1499 et 0,1265. Le taux fini d'augmentation (λ) à 20, 25 et 30°C est respectivement de 1,098 ; 1,1617 et 1,1349. Le taux brut reproductif (M_x) est de 115,80 à 20°C ; 113,95 à 25°C et 20,10 femelles / femelle à 30°C . La durée pour le doublement de la population (DT) est de 7,36 jours à 20°C ; 4,62 jours à 25°C et de 5,48 jours à 30°C . La durée moyenne d'une génération (T_c) est de 48,77 jours à 20°C ; 30,86 jours à 25°C et de 21,31 jours à 30°C , qui s'approche de la durée générative véritable (T) de 48,7 jours à 20°C ; 30,75 jours à 25°C et de 21,28 jours à 30°C . Le sex-ratio entre les papillons mâles et femelles est de 1 ; 1,02 à 20°C ; 1 : 1,10 à 25°C et 1 : 1 à 30°C . Le sex-ratio entre les mâles et les femelles ne présente pas de différences significatives entre les trois traitements. La longévité moyenne des femelles qui pondent est de 18 jours à 20°C ; 8,2 jours à 25°C et de 5,4 jours à 30°C , ce qui indique que la longévité diminue avec l'augmentation de la température. La différence de longévité des papillons femelles qui pondent est significative entre 20 et 25°C et 25 et 30°C .

Plusieurs attributs de croissance, obtenus à partir de l'étude des tables de vie de la fertilité de *D. pulverulentalis* à 20, 25 et 30°C en laboratoire révèlent qu'alors que la température augmente, la longévité, les durées avant la ponte, le taux brut reproductif et les durées de ponte baissent. On constate que le taux net de reproduction est plus élevé à 25°C , suivi par 20°C et 30°C . La capacité innée d'augmentation, le taux intrinsèque d'augmentation naturelle et le taux fini d'augmentation observé sont plus élevés à 25°C , suivi respectivement par 30°C et 20°C .

La température et l'humidité jouent un rôle important pour accroître la population de l'enrouleur de la feuille. On constate des valeurs plus élevées pour les paramètres de croissance de la population variés, c'est à dire pour le taux de reproduction brute, le taux net de reproduction, la capacité innée d'augmentation, le taux intrinsèque d'augmentation naturelle et une durée de doublement plus courte à 25°C , et on considère donc que cette température est favorable à l'augmentation de la population de l'enrouleur de la feuille. Selon Birch (1948), la capacité innée d'une espèce d'augmentation en nombre (r_m) a un certain nombre de composantes variables, en l'occurrence la longueur des stades imatures, les tables de vie et la fécondité en fonction de l'âge. Ces composantes ont leur propre signification et ont leurs poids respectifs.

Bien que la fécondité de l'enrouleur de la feuille soit plus élevée à 20°C , le taux de multiplication est faible à cause d'une durée de génération plus longue. A une température plus élevée (30°C), la fécondité diminue et la mortalité des chenilles et des nymphes de l'enrouleur de la feuille augmente. Pendant nos études précédentes sur la présence saisonnière de l'enrouleur de la feuille de 1995 à 1998 près de Bangalore, l'infestation du mûrier par l'enrouleur de la feuille était très faible à 30°C et quand la température dépassait 30°C , l'enrouleur de la feuille était absent des plantations de mûrier (Geetha Bai et Marimadaiah, 2002).

EFFECT OF MICRONUTRIENTS ON THE GROWTH AND LEAF YIELD OF *TERMINALIA ARJUNA*

U.S.P. SINHA, A.K. SINHA, N.D. BANERJEE*, J.PRASAD, S.K. CHAUDHARY & N. SURYANARAYANA

Central Tasar Research & Training Institute, Nagri, Ranchi- 835303, Jharkhand (India).

Six micronutrients namely Manganese, Zinc, Copper, Boron, Molybdenum and Iron in three doses each were foliarly applied to study the effect of micronutrients in different concentrations on the growth and leaf yield of *Terminalia arjuna* with 4' × 4' spacing. The usual package of practices i.e. N (150 kg/ha/yr).

P (50 kg/ha/yr), K (50 kg/ha/yr) and FYM (1 kg /plant/yr) was also followed. All the micronutrients showed promotory effects over control in respect of growth and leaf yield of *T. arjuna*. Among all the nineteen treatments of micronutrients under study, Manganese @ 2.00 kg / ha / crop was found to be the best in respect of growth and leaf yield of *T. arjuna*. This treatment gave 31.33% increase in leaf yield over control.

Keywords: *Terminalia arjuna*, micronutrients, growth, leaf yield.

INTRODUCTION

Terminalia arjuna is one of the primary food plant of tropical tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury (Jolly *et al*, 1968). Extensive economic plantation of *T. arjuna* has been raised under Inter State Tasar Project for controlled rearing of *A. mylitta*. Hence, it requires specific attention for improvement in its growth and leaf yield through effective crop management. Loknath and Shivashankar (1986) reported that deficiencies of micronutrients limit the maximum potential yield of mulberry. It has also been reported by Sinha *et al.*, (1992) that soils of all states of India have become deficient in micronutrients. The effect of micronutrients on growth and leaf yield of mulberry has been studied by Singhvi *et al.*, (1996). However, no work has so far been reported on the effect of micronutrients on the growth and leaf yield of tasar food plant *Terminalia arjuna*. Hence, the present paper deals with the effect of foliar application of micronutrients on the growth and leaf yield of *T. arjuna*.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in the experimental field of Central Tasar Research & Training Institute, Nagri, Ranchi. Six micronutrients, Manganese, Zinc, Copper, Boron, Molybdenum and Iron in three doses were foliarly applied on *Terminalia arjuna* plants with 4' × 4' spacing. The usual package of practices of major nutrients i. e. Nitrogen (150 kg/ha/yr), Phosphorus (50 kg/ha/yr), Potassium (50 kg/ha/yr) and Farm Yard Manure (1 kg /plant/ yr) was also followed. The soil was

* Regional Sericulture Research Station, Ranchi- 834005, India.

sandy loam laterite having pH 5.3, organic carbon 0.23%, available phosphorus 6.11 kg/ha and available potash 300 kg /ha. Micronutrients status of the soil is given below:

Name of micronutrients	Status in soil (ppm.)
Available Manganese	135.70
Available Copper	39.90
Available Boron :	0.37
Available Zinc :	39.60
Available Molybdenum :	252.70
Available Iron :	37.80

Randomised block design with three replications was followed for each treatment. A sample size of 30 plants per replication was considered suitable for the experiment.

Nineteen treatments including control are as follows:

T1 = 2.5 kg Zn/ha/crop	T2 = 5.0 kg Zn /ha/crop	T3 = 7.5 kg Zn /ha/crop
T4 = 0.5 kg B /ha/crop	T5 = 1.0 kg B /ha/ crop	T6 = 1.5 kg B /ha/crop
T7 = 0.05 kg Mo /ha/crop	T8 = 0.10 kg Mo /ha/crop	T9 = 0.15 kg Mo / ha/crop
T10 = 0.50 kg Fe /ha/crop	T11 = 0.75 kg Fe /ha/crop	T12 = 1.00 kg Fe /ha/ crop
T13 = 2.00 kg Mn /ha/crop	T14 = 4.00 kg Mn /ha/crop	T15 = 6.00 kg Mn /ha/crop
T16 = 0.50 kg Cu /ha/crop	T17 = 1.5 kg Cu /ha/crop	T18 = 2.5 kg Cu /ha/crop
T19 = Control i. e. without micronutrients.		

The experiment was conducted for two years to study the growth and leaf yield of *T. arjuna*. Leaf samples were collected after 45 days of the application of micronutrients in the field excluding too tender and over matured leaves from each treated plot in three replications. All the biochemical constituents of leaves except moisture were determined on oven dry basis. Moisture, total minerals, total carbohydrate and crude fibre were estimated by the method of AOAC (1955). Kjeldahl's method as described by Vogel (1978) was followed for the determination of total nitrogen. Crude protein was calculated by multiplying the estimated value of the nitrogen content by 6.25. Method as suggested by Arunachalam and Bandopadhyay (1984) was followed to decide the ranking of different treatments of micronutrients under study for different growth and leaf yield parameters.

RESULTS AND DISCUSSION

Foliar application of micronutrients significantly improved all the attributes of *T. arjuna* i. e., number of branches/ plant, length of the branch, number of leaves / branch, length and breadth of the leaf (Table I). Results of the present study support the findings of Singhvi *et al.*, (1996) who also observed that micronutrients when applied on mulberry resulted in increase in height of the plant, number of leaves per plant, number of shoot per plant and number of nodes per plant. The increase in plant growth may be due to the role of micronutrients in various physiological processes and favourable effects on nutrient interaction. It is also evident from Table I that there has been significant increase in leaf yield over control in case of all the micronutrients, the highest being 31.33% over control for Manganese (2.0kg/ha/crop). It was followed by Zinc (26.37% over control) and Copper (21.41% over control) when they were applied @ 5.0 kg/ha/crop & 0.5 kg /ha/crop respectively.

Table I. Influence of micronutrients on the growth and yield of *Terminalia arjuna*.**Tableau I. Influence des micronutriments sur la croissance et le rendement de *Terminalia arjuna*.**

Treatment	No. of branches / plant	Length of the branch (cm)	No. of leaves / branch	Length of leaf (cm)	Breadth of leaf (cm)	Leaf yield (kg / plant)	Increase over control (%)
<i>Traitement</i>	<i>Nbre de branches / plant</i>	<i>Longueur de la branche (cm)</i>	<i>Nbre de feuilles / branche</i>	<i>Longueur de la feuille (cm)</i>	<i>Largeur de la feuille (cm)</i>	<i>Rendement en feuilles (kg / plant)</i>	<i>Augmentation par rapport au témoin (%)</i>
T1	7.39 bcde	170.39 bcdef	230.69de	18.17 bcde	5.85 bc	4.42 cde	15.40
T2	7.55b	173.65b	248.62b	18.40ab	5.88ab	4.84b	26.37
T3	7.34 bcdef	171.95bc	222.86 efgh	18.28ab	5.81bcd	4.42cde	15.40
T4	7.47bc	172.50b	236.20de	18.38ab	5.86ab	4.62bcd	20.63
T5	7.21 cdefg	171.80bc	223.25efg	18.20bcde	5.80bcd	4.34cde	13.32
T6	7.20 efg	171.50bcd	220.97efgh	18.23abcd	5.79bcde	4.29def	12.01
T7	7.17efg	168.05ef	215.56fgh	17.91cdef	5.65cdef	4.32cde	12.79
T8	7.31bcdef	171.00bcde	236.94cd	18.51bcdef	5.81bcd	4.52bcd	18.02
T9	7.20efg	171.54bcd	221.41efgh	18.13bcdef	5.78bcde	4.28def	11.75
T10	7.03ghi	168.64cdef	211.58h	17.89def	5.54fg	4.17efg	8.88
T11	7.28cdef	168.31def	225.76ef	18.33ab	5.79bcde	4.36cde	13.84
T12	6.83hi	162.50g	194.15i	17.90cdef	5.50fg	3.95fg	3.13
T13	7.85a	177.55a	267.19a	18.58a	6.06a	5.03a	31.33
T14	7.09fgh	167.26f	214.15gh	17.85fg	5.63def	4.25ef	10.97
T15	6.86hi	163.58g	194.90i	17.80fg	5.59ef	3.97fg	3.66
T16	7.44bcd	173.04b	244.80bc	18.25abc	5.87ab	4.65bc	21.41
T17	7.45bcd	171.68bcd	241.47bcd	18.40ab	5.81bcd	4.52bcd	18.02
T18	7.42bcde	171.42bcde	223.96efg	18.20bcde	5.75bcde	4.28def	11.75
T19 (control / Témoin)	6.78i	159.00h	188.50i	17.55g	5.38g	3.83g	
LSD at 5%	0.26	3.38	11.51	0.35	0.20	0.34	

Figures with different alphabets differ significantly. Average values are based on two years data. / Les chiffres avec des lettres différentes diffèrent de manière significative. Les valeurs moyennes sont basées sur des données concernant deux années.

Table II. Chemical composition of *Terminalia arjuna* leaf as influenced by different treatments.**Tableau II. Composition chimique de la feuille de *Terminalia arjuna* sous l'influence de différents traitements.**

Treatment	Moisture (%)	Crude protein (%)	Total carbohydrates (%)	Crude fibre (%)	Total minerals (%)
<i>Traitement</i>	<i>Humidité (%)</i>	<i>Protéines brutes (%)</i>	<i>Totalité des hydrates de carbone (%)</i>	<i>Fibres brutes (%)</i>	<i>Totalité des minéraux (%)</i>
T1	70.83 bcdef	12.25gh	15.00g	8.80a	7.37cd
T2	71.33ab	14.50bc	17.00b	8.60a	8.00a
T3	70.30efg	13.50d	16.20cd	8.70a	7.67b
T4	70.43defg	12.75fg	16.00de	8.70a	7.67b
T5	70.17g	13.50d	16.50c	8.70a	7.67b
T6	70.17g	13.00e	16.00de	8.75a	7.67b
T7	70.67cdefg	12.50fgh	15.00g	8.80a	7.27de
T8	70.50cdefg	14.00c	16.00de	8.75a	7.90a
T9	70.30efg	13.00e	15.60f	8.80a	7.57bc
T10	70.17g	12.25gh	15.00g	8.80a	7.10ef
T11	70.40efg	12.50fgh	15.70ef	8.70a	7.93a
T12	71.00bcd	12.00hi	14.80gh	8.75a	7.90a
T13	71.83a	15.63a	17.50	8.90a	8.00a
T14	70.30efg	15.00b	16.02de	8.60a	7.67b
T15	70.20fg	13.00e	14.90g	8.80a	7.33d
T16	71.10bc	14.00cd	16.50c	8.60a	8.00a
T17	70.90bcde	13.50de	15.80ef	8.70a	7.33d
T18	70.20fg	13.00ef	15.05g	8.70a	7.33d
T19 (control / témoin)	70.03g	11.50i	14.50h	8.50a	7.00f
LSD at 5%	0.65	0.60	0.32	NS	0.21

NS : denotes not significant / *Non significatif*.Figures with different alphabets differ significantly. Average values are based on two years data. / *Les chiffres avec des lettres différentes diffèrent de manière significative. Les valeurs moyennes sont basées sur des données concernant deux années.*

Similar trend of increased leaf yield by the application of micronutrients has been reported by Day and Gupta (1974), Loknath & Shivashankar (1986) and Bose *et al.*, (1994). This is due to the beneficial effect of micronutrients on the vegetative growth of plants.

Significant increase in chemical constituents i.e., moisture, crude protein, total carbohydrate and total minerals was also recorded due to micronutrients application (Table II). However, the increase was non-significant in case of crude fibre content. Finding of the present study corroborate the results of Loknath *et al.*, (1986).

Data in Table III indicate the scores allotted to nineteen different treatments of micronutrients under study for growth parameters and chemical constituents by the method of Arunachalam and Bandopadhyay (1984) where lower values signify higher ranking. It is evident from this table that among different treatments of micronutrients, treatment T13 i.e. application of Manganese @ 2.0 kg/ha/crop is the best followed by T2 (Zinc @ 5.0kg/ha/crop) & T16 (Copper @ 0.5kg/ha/crop).

Table III. Scoring of nineteen different treatments of micronutrient for growth parameters and chemical constituents.

Tableau III. Résultats de dix neuf traitements différents en micronutriments pour les paramètres de croissance et les composants chimiques.

Treatment	Growth parameters						Chemical constituents					Total scores and ranks
	No. of branches / plant	Length of the branch	No. of leaves / branch	Length of leaf	Breadth of leaf	Leaf yield	Moisture	Crude protein	Total carbohydrate	Crude fibre	Total minerals	
Traitement	Paramètres de croissance						Composants chimiques					Résultats et classements totaux
	Nbre de Branches / plante	Longueur de la branche	Nbre de feuilles branche	Longueur de la feuille	Largeur de la feuille	Rendement foliaire	Humidité	Protéines brutes	Totalité des hydrates de carbone	Fibres brutes	Totalité des minéraux	
T13	0.11	0.13	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	0.13	1.00	0.17	2.32 (I)
T2	0.22	0.25	0.22	0.21	0.21	0.29	0.21	0.28	0.25	1.00	0.17	3.31 (II)
T16	0.33	0.25	0.28	0.33	0.21	0.36	0.36	0.39	0.38	1.00	0.17	4.06 (III)
T4	0.28	0.25	0.50	0.21	0.21	0.43	0.79	0.72	0.56	1.00	0.33	5.28 (IV)
T8	0.44	0.44	0.39	0.57	0.43	0.43	0.71	0.33	0.56	1.00	0.17	5.47 (V)
T17	0.33	0.38	0.33	0.21	0.43	0.43	0.50	0.50	0.69	1.00	0.67	5.47 (V)
T3	0.44	0.31	0.72	0.21	0.43	0.57	0.88	0.44	0.44	1.00	0.33	5.77 (VI)
T5	0.56	0.31	0.67	0.50	0.43	0.57	1.00	0.44	0.38	1.00	0.33	6.19 (VII)
T11	0.50	0.63	0.61	0.21	0.50	0.57	0.88	0.78	0.69	1.00	0.17	6.54 (VIII)
T1	0.39	0.50	0.50	0.50	0.36	0.57	0.57	0.83	0.88	1.00	0.58	6.68 (IX)
T6	0.56	0.38	0.72	0.36	0.50	0.71	1.00	0.56	0.56	1.00	0.33	6.68 (IX)
T9	0.56	0.38	0.72	0.57	0.50	0.71	0.88	0.56	0.75	1.00	0.42	7.05 (X)
T18	0.39	0.44	0.67	0.50	0.50	0.71	0.93	0.61	0.88	1.00	0.67	7.30 (XI)
T14	0.78	0.75	0.83	0.93	0.71	0.71	0.88	0.22	0.56	1.00	0.33	7.70 (XII)
T7	0.56	0.69	0.78	0.64	0.64	0.57	0.71	0.78	0.88	1.00	0.75	8.00 (XIII)
T12	0.94	0.88	1.00	0.64	0.93	0.93	0.43	0.94	0.94	1.00	0.17	8.80 (XIV)
T10	0.89	0.50	0.89	0.71	0.93	0.86	1.00	0.83	0.88	1.00	0.92	9.41 (XV)
T15	0.94	0.88	1.00	0.93	0.79	0.86	0.93	0.56	0.88	1.00	0.67	9.44 (XVI)
T19	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	11.00 (XVII)

From the present study it is, therefore, concluded that among all the treatments of micronutrients under study, treatment T13 i.e. application of Manganese @ 2.0kg/ ha/crop is the best for the growth and leaf yield of *T. arjuna*.

REFERENCES

- ARUNACHALAM V. & BANDOPADHYAY A. (1984). A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. *Indian J. Genet.*, 44(3): 413-424.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC) (1955) Official method of analysis, 8th edition, Washington, 99,118-119,368,373.
- BOSE P.C., SINGHVI N.R. & DUTTA R.K. (1994) Effect of micronutrients on above ground biomass and economics of mulberry leaf production. *J. Seric.* 2 (1 & 2): 23-26.
- DAY D & GUPTA B. K. (1974) Effect of micronutrients on the yield and chemical composition of mulberry leaf. *Ann. Rep. Central Sericultural Research Station, Berhampore*. P. 81-82.
- JOLLY M.S.; CHATURVEDI S.N. AND PRASAD S. (1968) A survey of tasar crops in India, *Indian. J. Seric.*, 7 (1): 56-57.
- LOKNATH R. AND SHIVASHANKAR K. (1986) Effect of foliar application of micronutrients and Magnesium on the growth, yield and quality of mulberry *Morus alba*. *Indian. J. Seric.* 25 (1): 1-5.
- SINGHVI N.R., BOSE P.C., MUNIRATHNAM M., SINHA A.K.; SUBBASWAMI M.R.; HIMANTHARAJ M. T. AND DUTTA R.K. (1996). Effect of micronutrients on growth and quality of mulberry leaf. *Bull. Sericult. Res.* 7: 11-14.
- SINHA A.K., REDDY M.M., SUBBASWAMY M.R. AND DUTTA R. K. (1992). Micronutrients and their role in mulberry nutrition. *Indian. Silk*, 31(7): 43-45.
- VOGEL A. I. (1978) . A text book of quantitative inorganic analysis including elementary instrumental analysis 4th edition, Longman Group Ltd., London.:926 p.

EFFET DES MICRONUTRIMENTS SUR LA CROISSANCE ET LE RENDEMENT FOLIAIRE DE *TERMINALIA ARJUNA*

U. S. P. SINHA, A. K. SINHA, N. D. BANERJEE*, J. PRASAD, S. K. CHAUDHARY & N. SURYANARAYANA

Central Tasar Research & Training Institute, Nagri, Ranchi – 835 303, Jharkhand (Inde).

On a appliqué six micronutriments sur les feuilles en l'occurrence, du manganèse, du zinc, du cuivre, du bore, du molybdène et du fer en trois doses pour étudier l'effet des micronutriments à différentes concentrations sur la croissance et le rendement foliaire de *Terminalia arjuna* cultivé avec un espacement de 120cm × 120cm. On a aussi suivi l'ensemble habituel de pratiques, c'est à dire N (150 kg / ha / année), P (50 kg / ha / année), K (50kg / ha / année) et du fumier de ferme (1kg / plant / année). Tous les micronutriments entraînent des effets de promotion de la croissance et du rendement foliaire chez *T. arjuna* par rapport au témoin. Parmi les dix neuf traitements de micronutriments à l'étude, le manganèse à raison de 2 kg / ha / récolte s'avère être le meilleur pour la croissance et le rendement foliaire de *T. arjuna*. Ce traitement donne une augmentation du rendement foliaire de 31,33 % par rapport au témoin.

INTRODUCTION

Terminalia arjuna est l'une des plantes hôtes primaires du ver à soie tasar tropical *Antheraea mylitta* (Jolly et coll., 1968). On a mis en place des plantations extensives sur le plan économique de *T. arjuna* dans le cadre du Projet Tasar Inter Etats pour un élevage contrôlé de *A. mylitta*. Il suppose donc des attentions spécifiques pour améliorer sa croissance et le rendement foliaire par une gestion efficace des cultures. Locknath et Shivashankar (1986) ont rapporté que les carences en micronutriments limitent le potentiel de rendement maximal du mûrier. Sinha et coll.(1992), ont aussi rapporté que les micronutriments sont devenus insuffisants dans le sol dans tous les états en Inde. Singhvi et coll. (1996), ont étudié l'effet des micronutriments sur la croissance et le rendement foliaire de *Terminalia arjuna*, la plante hôte du tasar. Cet article traite donc de l'effet de l'application foliaire de micronutriments sur la croissance et le rendement foliaire de *T. arjuna*.

MATERIAUX ET METHODES

L'expérience a été réalisée sur le terrain expérimental du *Central Tasar Research & Training Institute*, de Nagri, à Ranchi. On applique six micronutriments en l'occurrence, du manganèse, du zinc, du cuivre, du bore, du molybdène et du fer en trois doses sur les feuilles de plants de *Terminalia arjuna* cultivés avec un espacement de 120 × 120 cm. On suit aussi l'ensemble des pratiques habituelles pour les principaux micronutriments, à savoir l'azote (150 kg / ha / année), le phosphore (50 kg / ha / année), le potassium (50 kg / ha / année) et le fumier de ferme (1 kg / plant / année). Le sol est du terreau sableux de latérite au pH de 5,3 avec 0,23 % de carbone organique, 6,11 kg / ha de phosphore disponible et 300 kg / ha de potasse disponible. L'état des micronutriments dans le sol est le suivant :

Nom des micronutriments	Etat dans le sol (ppm)
-------------------------	------------------------

Manganèse disponible	135,70
Cuivre disponible	39,90
Bore disponible	0,37
Zinc disponible	39,60
Molybdène disponible	252,70
Fer disponible	37,80

On suit une conception aléatoire avec trois répétitions pour chaque traitement. On considère qu'une taille d'échantillon avec 30 plants par répétition est adaptée pour l'expérience.

Les dix neuf traitements y compris le témoin sont les suivants :

T1 = 2,5 kg Zn / ha / récolte	T2 = 5 kg / Zn / ha / récolte	T3 = 7,5 kg Zn / ha / récolte
T4 = 0,5 kg B / ha / récolte	T5 = 1 kg / ha B / récolte	T6 = 1,5kg B / ha / récolte
T7 = 0,05 kg Mo / ha / récolte	T8 = 0,10 kg Mo / ha / récolte	T9 = 0,15 kg Mo / ha / récolte
T10 = 0,50 kg Fe / ha / récolte	T11 = 0,75 kg Fe / ha / récolte	T12 = 1 kg Fe / ha / récolte
T13 = 2 kg Mn / ha / récolte	T14 = 4 kg Mn / ha / récolte	T15 = 6 kg Mn / ha / récolte
T16 = 0,50 kg Cu / ha / récolte	T17 = 1,5kg Cu / ha / récolte	T18 = 2,5 kg Cu / ha / récolte
T19 = Témoin sans micronutriments		

On a réalisé l'expérience pendant deux ans pour étudier la croissance et le rendement foliaire de *T. arjuna*. On recueille les échantillons de feuilles dans chaque parcelle traitée en trois répétitions 45 jours après l'application de micronutriments à l'exclusion des feuilles trop tendres et trop mûres. On détermine tous les composants biochimiques des feuilles à l'exception de l'humidité sur la base de la matière sèche. On estime l'humidité, l'ensemble des minéraux et des fibres brutes par la méthode d'AOAC (1955). On suit la méthode de Kjeldahl d'après la description de Vogel (1978) pour la détermination de l'azote total. On calcule les protéines brutes en multipliant la valeur estimée de la teneur en azote par 6,25. On suit la méthode suggérée par Arunachalam et Bandopadhyay (1984) pour classer les différents traitements de micronutriments étudiés en fonction des paramètres de croissance et de rendement foliaire.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'application foliaire de micronutriments améliore considérablement tous les attributs de *T. arjuna*, c'est à dire le nombre de branches / plant, la longueur de la branche, le nombre de feuilles / branche, la longueur et la largeur de la feuille (Tableau I). Les résultats de cette étude confirment les observations de Singhvi et coll., (1996) qui ont aussi constaté que quand on applique des micronutriments chez le mûrier, cela entraîne une augmentation de la hauteur du plant, du nombre de feuilles par plant, du nombre de pousses par plant et du nombre de nœuds par plant. L'augmentation de la croissance des plants pourrait être due au rôle des micronutriments dans des processus physiologiques variés et aux effets favorables de l'interaction entre les nutriments. Il est aussi évident d'après le Tableau I qu'il y a eu une augmentation significative du rendement foliaire avec tous les

micronutriments par rapport au témoin, la plus élevée de 31,33 % (par rapport au témoin) se produisant avec le manganèse (2 kg / ha / récolte). Le suivant est le zinc (26,37 % par rapport au témoin) puis le cuivre (21,41 % par rapport au témoin) quand on les applique à raison de respectivement 5 kg / ha / récolte et de 0,5 kg / ha / récolte.

Day et Gupta (1974), Loknath & Shivashankar (1986) et Bose et coll., (1994) ont rapporté une tendance similaire d'augmentation du rendement foliaire grâce à l'application de micronutriments. Cela est dû à l'effet bénéfique des micronutriments sur la croissance végétative des plants.

On enregistre aussi une augmentation significative des composants chimiques c'est à dire de l'humidité, des protéines brutes, de l'ensemble des hydrates de carbone et des minéraux avec l'application de micronutriments (Tableau II). Cependant, il n'y a pas de changement significatif dans le cas de la teneur en fibres brutes. Les observations de cette étude concordent avec les résultats de Loknath et coll., (1986).

Les données dans le Tableau III présentent les résultats attribués aux dix neuf différents traitements de micronutriments étudiés concernant les paramètres de croissance et les composants biochimiques avec la méthode d'Arunachalam et Bandopadhyay (1984) où les valeurs les plus faibles donnent le classement plus élevé. Il est évident d'après ce tableau que parmi les différents traitements en micronutriments, le traitement T13 c'est à dire l'application de manganèse à raison de 2 kg / ha / récolte est le meilleur suivi par T2 (zinc à raison de 5 kg / ha / récolte) et par T16 (cuivre à raison de 0,5 kg / ha / récolte).

On en conclut donc que parmi tous les traitements de micronutriments étudiés, le traitement T13, c'est à dire l'application de manganèse à raison de 2 kg / ha / récolte est le meilleur pour la croissance et le rendement foliaire de *T. arjuna*.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

1) Papers should be in French or in English and be original contributions or reviews in the field of sericulture including silkworm, host plant, silk reeling, whatever the nature of studies (basic or applied) and topics (biochemistry, ecology, economy, virology, genetics, etc.).

2) Papers should be submitted to: **Dr G. CHAVANCY**. Submission of a paper to the Editor implies that it has not previously been published, that it is not under consideration for publication elsewhere and that, if accepted in *SERICOLOGIA*, it will not be published elsewhere in the same form without the written consent of the Editor.

3) Manuscripts and illustrations should be submitted in duplicate and the author should retain one copy. In the case of multiple ownership, the authors indicate who is to receive the proofs.

4) Manuscripts should be typewritten with double spacing and wide margin. Authors are requested to keep their communication as concise as possible. Footnotes should be avoided and italics should not be used for emphasis.

5) The typescript should contain the following features:

- Title followed by the author's name and full address.
- Abstract which should be a brief summary of the contents and conclusions of the paper and should refer to any new information. It should not exceed 200 words and may be divided into numbered sections.
- Keywords. A short list of keywords provided for rapid scanning of the contents of the paper and used for compiling the index.

- Introduction. Materials and Methods, Results and Discussion should be given for papers presenting original results. For review, authors may choose the convenient presentation.

- Acknowledgements.

- References. The 'Harvard system' is to be followed. References should be detailed in the following order: author's names and initials, date (in parentheses), the title of the article, the name of the journal as abbreviated in the World List of Scientific Periodicals (4th edit., 1963), the volume and the first and last pages of the article.

For books, the author's names, date of publication, title, edition, number of pages, reference, publisher's name and the place of publication should be given.

In the text, references should be given as Dupont (1964) or (Dupont, 1964). When a citation includes more than two authors, e. g. Dupont, Durand and Martin, the paper should be cited in the text as Dupont *et al.*, provided this is not ambiguous. If papers by the same author(s) in the same year are cited they should be distinguished by the letters a, b, etc.

References to a paper "In press" means that it has been accepted for publication and given as follows:

SETOYAMA K. (1982) Effect of water on molecular motion of silk fibroin. *J. Seric. Sci. Jpn.* In press.

6) Illustrations. All necessary illustrations should accompany the manuscript but should not be inserted in the text. All photographs, graphs and diagrams should be numbered consecutively in Arabic numerals in the order in which they are referred to in the text.

Glossy photographs or positive prints (not X-ray, negatives or slides) should be sent, unmounted wherever possible, and should be restricted to the minimum necessary.

Charts, graphs or diagrams should be drawn boldly in black ink on good quality white paper or card. Lettering to appear on the illustration should be given in full and should be of sufficient size to allow for considerable reduction where necessary.

Illustrations should not be larger than 14 × 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**. 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 × 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.

