

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 / <i>Thailand</i>)	LEGAY J.-M. (France)
BOSQUET G. (France)	LIU S.-X. (Chine / <i>China</i>)
CAPPELLOZZA L. (Italie / <i>Italy</i>)	LU H.-S. (Chine / <i>China</i>)
COUBLE P. (France)	MACHII H. (Japon / <i>Japan</i>)
DANDIN S.B. (Inde / <i>India</i>)	MANO Y. (Japon / <i>Japan</i>)
DAS B.C. (Inde / <i>India</i>)	MAUCHAMP B. (France)
DATTA R.K. (Inde / <i>India</i>)	MIRANDA J. E. (Brésil / <i>Brazil</i>)
DOIRA H. (Japon / <i>Japan</i>)	REALI G. (Italie / <i>Italy</i>)
FONSECA T.C. (Brésil / <i>Brazil</i>)	SHIMURA K. (Japon / <i>Japan</i>)
FREDDI G. (Italie / <i>Italy</i>)	SOMASHEKAR T.H. (Inde / <i>India</i>)
GOLDSMITH M.R. (USA)	SONWALKAR T.N. (Inde / <i>India</i>)
HE K. (Chine / <i>China</i>)	TAKEDA S. (Japon / <i>Japan</i>)
HORIE Y. (Japon / <i>Japan</i>)	TAZIMA Y. (Japon / <i>Japan</i>)
IATROU K. (Canada)	TRENCZEK T. (Rép. tchèque / <i>Czech Republic</i>)
JOLLY M.S. (Inde / <i>India</i>)	VAGO C. (France)
KOBAYASHI M. (Japon / <i>Japan</i>)	VEY A. (France)
LEA H. Z. (Corée / <i>Korea</i>)	YAMASHITA O. (Japon / <i>Japan</i>)

SOMMAIRE – CONTENTS

Mini-revue / Mini-review

- Mycorrhizal inoculation – the organic way of crop production 431**
 Inoculation mycorrhizale pour la production de cultures biologiques 439
 M. F. BAQUAL, S. QAYOOM, S. NOOR-UD-DIN & H. U. DAR

Article scientifique / Scientific paper

- Phenological variability of some mulberry cultivars (*Morus sp. pl.*) at Padua (North-eastern Italy), in relationship to climate: 1999-2001 445**
 Variabilité phénologique de quelques cultivars de mûrier (*Morus sp. pl.*) à Padoue (nord-est de l'Italie) en relation avec le climat : 1999 – 2001 461
 M. BIASIOLO, L. CAPPELLOZZA, S. CAPPELLOZZA, V. CARDILLO & N. TORNADORE

Rapports techniques / Technical reports

- Young age silkworm rearing under polythene cover 471**
 Elevage des jeunes vers à soie sous feuille de polyéthylène 479
 G. V. RAMAPRASAD, N. K. KRISHNAPRASAD, T. K. NARAYANASWAMY, B. SANNAPPA & R. GOVINDAN

- Evaluation of productivity factors in sericulture in Karnataka, India 483**
 Evaluation des facteurs de productivité dans la sériciculture au Karnataka en Inde 491
 P. KUMARESAN & H. JAYARAM

- Studies on the characteristics of cocoons in different breeds of silkworm, *Bombyx mori* L. 497**
 Etudes sur les caractéristiques des cocons chez différentes lignées du ver à soie, *Bombyx mori* L. 513
 A. NASEEMA BEGUM, H. K. BASAVARAJA, A. K. PALIT, G. N. RAMASWAMY, N. MAL REDDY, N. SURESH KUMAR & G. V. KALPANA

- Effect of shoot thinning on morphological and biochemical parameters in mulberry (*Morus spp.*) 523**
 Effet de l'éclaircissement des branches sur les paramètres morphologiques et biochimiques du mûrier (*Morus spp.*) 531
 M. T. HIMANTHARAJ, ASHOK KUMAR SAHOO, J. KODANDARAMAIAH, V. K. RAHAMATHULLA, G. S. VINDHYA & R. K. RAJAN

Notes brèves / Brief notes

Abcisic acid – a biochemical marker for selection of stress tolerant variety of mulberry	535
L'acide abscissique – un marqueur biochimique pour la sélection d'une variété de mûrier tolérant le stress	541
C. DAS, A. K. MISRA, T. SENGUPTA, N. K. DAS, B. SARATCHANDRA, P. K. MUKHERJEE & S. RAJE URS	
Studies on taxonomy and floral biology of Gansarai <i>Cinnamomum glaucescens</i> (Nees ex Wall) Drury Laurales – Lauraceae)	543
Etudes sur la taxonomie et la biologie florale de Gansarai <i>Cinnamomum glaucescens</i> (Nees ex Wall) Drury (Laurales – Lauraceae)	549
RAJA RAM, S. KUMAR & B. C. GOSWAMI	
Bibliographic / Bibliography	553
Sériciculture générale / General sericulture	555
Mûrier / Mulberry	558
<i>Bombyx mori</i> : élevage, nutrition, pathologie / <i>Bombyx mori</i> : rearing, feeding, pathology .	562
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie / Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	566
Vers à soie : génétique / Silkworms: genetics	567
Vers à soie : physiologie, biochimie / Silkworms: physiology, biochemistry	572
Vers à soie : oeufs, embryologie / Silkworms: eggs, embryology	578
Vers à soie : glandes séricigènes / Silkworms: silk glands	579
Soie / Silk	581

MYCORRHIZAL INOCULATION – THE ORGANIC WAY OF CROP PRODUCTION

M. F. BAQUAL, S. QAYOOM, S. NOOR-UD-DIN & H. U. DAR

Sher-e- Kashmir University of Agricultural, Sciences and Technology (K), Division of Sericulture, P. Box 674, G. P.O., Srinagar – 190001 (J & K), India.

Vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi, are geographically ubiquitous which occur over a broader ecological range. Their association with agricultural crops is acknowledged world over and is so common that it is easy to list most plant families that do not have mycorrhiza rather than those that do have. The role that these tiny micro-organisms play in phosphorus economization of crop plants is well documented. In view of their ecofriendly and economic nature, their application is resorted to for various agricultural crops all over the world. Important crops with mycorrhiza are wheat, maize, millets, beans, soybeans, tomatoes, apple, grapes, banana, castor, tobacco, tea, coffee, sugarcane etc. Their role in mulberry crop production as a supplement for inorganic fertilizers and curtailment of phosphorus application is reviewed. Besides, the future strategy and the line of research is also discussed.

Keywords:- Mycorrhiza, agricultural crops, mulberry.

In view of the fact that global population shows increasing trend with every passing day, the demand for agricultural produce also increases with the same pace. Most of the farmers all over the world in general and that of India in particular have fractured land holdings, as such the increase in vertical crop production and productivity at a reduced input level assumes greater importance. Moreover in recent past the health concerns have also assumed more and more importance as there is a growing awareness among masses all over the world about the use of inorganics for increased crop yield and its consequences thereof. On one hand, frequent use of chemical fertilizers for a prolonged period deteriorates the surface soil characteristics and affects the availability and uptake of nutrients by the plants (Subbaswamy *et al.*, 1994) and on the other hand, the quantity of plant nutrients being removed from the soil is double than what is added through fertilizers. This in the long run shall result in growing plant nutrient imbalance which will pose a major threat to sustain soil health and crop productivity. In addition to this, the requirement of food and fodder to meet the ever expanding human and livestock population and inadequate domestic fertilizer supplies coupled with the long term soil health and crop productivity in intensive cropping systems have underlined the need for integrated nutrient supply system which involves the combined use of different nutrient sources such as chemical fertilizers, organic manures and biofertilizers. The application of these biofertilizers is not only ecofriendly but it also improves soil health and makes it more and more sustainable for crop growth. Besides this, to attain the dual objective of poverty alleviation and welfare of the disadvantaged and weaker sections of the society, it has now become imperative to enhance agricultural productivity, profitability and sustainability through judicious and more and more integrated use of our natural resources like biofertilizers which can be used in any kind of soil.

Biofertilizers which are the products containing living cells of different types of micro-organisms have an ability to mobilize nutritionally important elements from non usable to usable forms through biological processes. One such group of biofertilizers is constituted by Vesicular arbuscular

mycorrhiza (VAM), a term coined by Frank (1885) designating a systematic relationship between fungi and plant roots. These are formed by non-septate zygomycetous fungi belonging to the genera *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Enterophosphora* and *Sclerocystis* and are obligate symbionts which occur over a broad ecological range from aquatic to desert environments (Mosse *et al.*, 1981). The use of these fungi allows farmers to achieve higher crop production which is the need of hour. In order to maintain healthy economy in agricultural sector, it is imperative to adopt low cost technologies and achieve higher dividends in terms of crop productivity. The contention gains more ground as in recent times, in developing countries particularly India, the cost of fertilizer has already soared far beyond the reach of farmers who find it difficult to apply recommended dose of fertilizers to their growing crops in view of their meager income. Therefore to mitigate the cost of fertilizer input, the application of biofertilizers is resorted to. Gandhiji once said "trading in soil fertility for the sake of quick returns could prove to be disastrous, short sighted policy. It would result in virtual depletion of soil".

MYCORRHIZA IN ACTION

Although crop response to VAM inoculation is governed by soil type, host variety and VAM strains in addition to a number of biotic and abiotic factors, yet their use in crop production holds greater promise as they reduce requirement of phosphorus fertilizer which otherwise is likely to get depleted in few decades. The beneficial effect of mycorrhiza is of special importance for those plants having a coarse and poorly branched root system, since the external hyphae can extend as much as 8 cm away from the roots (Rhodes and Gerdemann, 1978), absorbing nutrients from a much larger soil volume than the absorption zone surrounding a non-mycorrhizal root. These mycorrhiza are wide spread under natural conditions and occur in nearly all soils, from agricultural soils (Abbot and Robson, 1982) to pine soils (Jasper *et al.*, 1989). These can be used either singly or in combination with other microbial inoculants and as such they can reduce phosphorus and other nutrient application to the extent of 50% and more.

The role of VAM in the nutrition of agricultural and horticultural crops has received much attention (Tinker, 1978; Menge *et al.* 1977). VAM inoculation increased dry matter accumulation and NPK uptake by maize besides increasing the available soil P (Rathore and Singh, 1995). The inoculation of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) with *Glomus fasciculatum* significantly increased leaf area, shoot dry weight, nitrogen content, phosphorus content and yield over that of uninoculated plants (Sukhada Mohandas, 1987). The effect of inoculation of *Glomus fasciculatum* in leafy vegetables like *Amaranthus* and *Methi* indicated significant improvement in terms of ameliorated plant growth, yield and increased phosphorus concentration of the plants. Advantageous crop growth was seen in plants inoculated with *Glomus fasciculatum* supplemented with 50% P fertilization and the yield obtained was at par with that of the plants supplied with full NPK (Sreeramulu *et al.*, 1990). Gnelow and Masschner (1989) reported that inoculated plants of apple (*Malus pumila* var *domestica*) had significantly higher concentration of Zn in leaves and in roots and of copper in stems and in roots. Inoculation of *Glomus fasciculatum* caused maximum increase in phosphorus and Zn content and growth yield in chili plants (Sreeramula *et al.*, 1986). VAM inoculated plants of finger millet grew better, contained higher amounts of P and K and Zn and yielded more as compared to uninoculated control (Govinda Rao, 1983). VAM inoculation in *Santalum album* seedlings improved their growth as indicated by increased shoot and root length, stem thickness and surface area of the leaves. Maximum growth promotion was recorded in *Glomus fasciculatum* treated plants in which the shoot length increased by 66.2%, fresh weight by 96.4% and plant biomass by 94.7% over the control (Nelson *et al.*, 2000). All inoculated plants of strawberry produced more runners in the first year than the control plants (Niemi and Vestberg, 1992). Studies conducted at the University of Delhi, India showed that the growth of *Leucacena leucocephala* and *Sesbania sesban* seedlings inoculated with *Glomus macrocarpum* was greater than that of non-inoculated plants. Also,

phosphatase activity, used to assess uptake of phosphorus, was greater in inoculated plants (Jagpal and Mukerji, 1991).

The effects of inoculation of mycorrhizal fungi have also been exploited in floriculture industry, although the studied effects are much less than those on fruit and vegetable crops (Chen, 1991). The number of flowers and plant dry weight of mycorrhized *Petunia* and *Chrysanthemum* were greater (Daft and Okusanya, 1973). Mycorrhizal *Pyrethrum* could flower 7–10 days earlier than the non mycorrhized control (Kundaswamy *et al*, 1986). Increased uptake of nitrogen, phosphate, potassium and calcium was observed in mycorrhized marigold, rose and seedlings of Lily (Wen, 1991). Mycorrhizal systems could also be efficiently used for management of plant diseases. Inoculation of *Cicer arietinum* with *Glomus fasciculatum*, *Vigna radiata* with *Glomus moseae* and pigeon pea with *Gigaspora calospora* had significant positive effect on control of diseases caused by their respective pathogens V12 *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseolina* and *Phytophthora dreschleri*. Similarly, VAM inoculations of tobacco, peanut and tomato had a positive effect on control of their diseases caused by *Pythium*, *Sclerotium rolfsie* and *Pythium aphanidermatum* respectively (Jalali, 1991).

Wilt of guava (*Psidium guajava* L.) which is a serious disease (Anon, 1949) threatens guava cultivation in major guava growing areas (Singh and Lal, 1953). VA-mycorrhiza has been reported to reduce damage caused by the pathogen (Davis *et al*, 1979). Control of a number of fungal root borne diseases due to *Fusarium* species through the application of VAM has already been reported (Dehne and Schoenbeck, 1979; Dehne, 1982; Zambolim and Schenck, 1983). VAM induced change in root exudates and resulting alteration of rhizosphere mycoflora has brightened its scope in biological control of root pathogen (Bagyaraj, 1984, Bagyaraj and Menge, 1978). VAM inoculation has also been reported to reduce nematode population in soil.

The practice of raising silk cocoons through mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) rearing has been age old in Indian subcontinent and at present large number of rural population is associated with it. Mulberry has become an important cash crop for semi cultural farmers whose cultivation involves 60% of the total cost of cocoon production (Sastri, 1983). Since the silkworm *B. mori* L. is a monophagous insect, it selectively feeds on mulberry leaves possessing, olfactory attractants, biting and swallowing factors. Therefore production of good quality leaves with superior nutritive value is of utmost concern for the production of healthy and quality cocoons. Besides being food for silkworms, mulberry also has been noted as very effective anthelmintic, antipyretic, hypotensive and hyperglycemic (Anonymous, 1962).

Like many other crop plants, the mulberry also requires the application of good set of fertilization practices. Although vesicular arbuscular mycorrhizae have been reported to colonize mulberry plants (Padma and Sullia, 1991), yet very meager information is available on the association of VAM with the mulberry. Occurrence of VA-mycorrhiza in the feeder roots of mulberry was noticed (Muthukrishnan *et al*, 1981). They also reported more root colonization and spore number in light textured soils as compared to heavy textured soils. In this paper an attempt is made to review the same.

Mycorrhized plants of mulberry are found to be superior in survivability, plant growth, biomass production and leaf quality in comparison to non-mycorrhizal plants (Fatima *et al*, 1996). Data of 4.5 months old mycorrhizal saplings of S1 mulberry variety revealed overall better performance in some important qualitative and quantitative characters over that of non-mycorrhizal saplings (Setua *et al*, 1999 a). Hanumantha Gowda and Prakash Rao (1993) reported that there was a significant improvement in biomass production in Mysore Local and K₂ mulberry varieties inoculated with VAM *Glomus intradices* over uninoculated control. The studies of Katiyar *et al* (1995) revealed clearly that the inoculation of mulberry with *Glomus mosseae* or *Glomus fasciculatum* in combination with 30 Kg P₂O₅/ha/year could save 75% of recommended dose of phosphorus fertilizer application in the mulberry cultivation. Presence of VAM association in the roots of *Morus alba* was reported by Rajagopal *et al*, (1989). Charitha Devi *et al*, (1989) have studied VAM association in different

mulberry varieties. The percentage of infection, number of arbuscules, vesicles and spores was however, reported to be at variance in different genotypes. Higher yield in mulberry (48,550 kg/ha/yr) with inoculation of *Glomus mosseae* and Mussorie rock phosphate (30 kg P/ha/yr) was reported by Das *et al.*, (1995). This was at par with uninoculated control + full dose of P (120 kg/ha/yr) which indicates that curtailment of phosphatic fertilizers and utilization of cheap source of phosphorus could be resorted to without any adverse effect on the leaf yield of the mulberry. The use of combined inoculants i. e. VAM (*Acaulospora laevis*), PSM (Phosphate solubilising micro-organisms, *Bacillus megatherium*) and nitrogen fixing bacteria (*Azospirillum brasilense*) reported by Chandershekar *et al.* (1996) with single super phosphate application indicated maximum leaf yield of 31,075 kg/ha. Umakant and Bagyaraj (1998) working on the response of mulberry saplings to inoculation with VAM and *Azotobacter* reported that dual inoculation of nursery bed with *Glomus fasciculatum* + *Azotobacter chroococum* considerably increased the plant growth and mulberry sapling development. Das *et al.*, (1995) have observed an increase in growth, development and survival of mulberry saplings inoculated with *Glomus mosseae*. They also emphasized the role of inoculating mulberry saplings with VAM in curtailment of phosphorus fertilizer application. Although there are several types of VA-mycorrhizal fungi, *Glomus mosseae* and *G. fasciculatum* are found highly beneficial for mulberry. This is available as soil base inoculum containing mycorrhizal spores, hyphae and host root fragments. The results of the experiment conducted on ten farmers mulberry gardens with the inoculation of VA mycorrhiza revealed that even though there was 50 % curtailment in the application of phosphatic fertilizer in the VAM treated plots, the leaf yield was found to be at par with control where in recommended doze of fertilizer i. e., 300:120:120 NPK was applied (Narendra Kumar *et al.*, 2001). The studies of Ambika *et al.*, (1994) revealed occurrence of five genera of VAM (*Glomus*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, *Gigaspora* and *Scutellospora*) in the rhizosphere of different mulberry genotypes. Further nitrogen and phosphorus uptake of leaf was reported to be influenced by VAM association in some genotypes. Sowing of maize seeds (40 kg/ha) coated with VAM – slurry (75 kg/ha) in between the rows of 2 year old S₁ mulberry plantation revealed that plant height (119.5 cm), number of leaves/plant (233.3), leaf yield (25635.5 kg/ha/yr) and leaf moisture (74.4 %) was maximum by the use of *Glomus fasciculatum* with 30 kg P/ha/year (Setua *et al.*, 1999 b). Dual inoculation of mulberry with VAM *Glomus mosseae* and phosphate solubilizing bacteria *Bacillus megatherium* indicated significant increase in growth, yield and nutrient uptake. Increase in yield was to the extent of 20.08 % in the presence of (50:50) single super phosphate and Mussorie rockphosphate (Padma *et al.*, 2001).

The application of Bionema + Neem oil cake + VAM (*Glomus mosseae*) was reported to have significant reduction in nematode population (Sharma *et al.*, 2000). Sharma *et al.*, (1995) also reported that the disease incidence of leaf spot, rust, blight, powdery mildew and bacterial blight was minimum in plants inoculated with *Glomus fasciculatum* in combination with 60 or 90 kg P/ha/yr.

PREPARATION AND APPLICATION OF VAM INOCULUM

VAM inoculum can practically be prepared on any kind of soil by digging out nursery plot of the size of 300 × 200 cm up to 30 cm depth. The porosity of land should be increased by adding sand to it which will ensure proper aeration and quick multiplication of inoculum to be prepared. In order to render land free of native VAM and other infestation, its sterilization should be carried out by burning dry weed mulch on it. The land should be allowed to cool and after one day the ash generated as a result of burning weed mulch should be thoroughly mixed with it. 5 cm deep furrows at a distance of 30 cm from each other should be made and 10 kg of VAM inoculum as a starter culture should be applied in the furrows which should be immediately followed by sowing of 500 g maize seed in these furrows. Once the maize seed is sown, the furrows should be covered by soil and irrigation should be done. The process of irrigation should be continued once in 3-4 days. The maize should be allowed to grow till cobs are harvested. Maize plants can be cut at ground level and the soil up to the depth

of 15 to 20 cm be dug and collected along with maize roots. The maize roots should be cut to smaller size and whole thing mixed thoroughly. Minimum one ton of inoculum can be harvested by this process. This will serve as VAM inoculum and is sufficient for use in one hectare of land where cuttings are to be planted. The preparation of VAM by this process will take 3-4 months.

Inoculation of VAM in the nursery can be done as per the method described by Das *et al.*, (1994). Small furrows (15 cm deep and 5 cm wide) should be drawn along the nursery beds 15 cm apart from each other. The inoculum should be applied in these furrows and mulberry cutting can be planted in such away so as to establish contact between the inoculum and the cutting. Only one bud of cuttings should be kept exposed. After planting of cuttings the furrows should be immediately covered with soil. Once the inoculum is applied, regular intercultural operations have to be carried out.

For established mulberry garden, the inoculation of VAM can be done after pruning the garden. After one week of pruning, small furrows should be made in the garden and VAM inoculum @ 1000 kg/ha should be applied in these furrows. This should be followed by sowing maize @ 20 kg/ha. The irrigation and other intercultural operations should be conducted as per recommendations. Once the maize plants become 80 to 100 days older, they should be cut by a sharp sickle leaving the roots intact in the ground. Only 75 % of the phosphorus should be applied.

FUTURE STRATEGY

We agree that species and strains of VAM fungi differ in their efficacy and nutrient uptake, thus offering a possibility of screening promising strains/species for different plant species which could suit their bio-ecological niche. Screening of such crop specific strains and their inoculation and multiplication in rhizospheric region of crop plants could serve as a boon for the agricultural development. Applying mixed inocula of VAM fungi in the soil is harmless so long as their efficiency is concerned. This would mean that if a particular fungus fails to show action, the other one could enter into symbiosis and crop would harness its benefit. This could be continued till specific fungal strains are isolated. However in the mean time there have to be concerted efforts to surmount all the difficulties which a farmer faces while dealing with biofertilisers. The issues like productive constraints, familiarization of these microbial inoculants among farmers, preparation of cultures and the methods of application at farmer's level shall have to be addressed on top priority. The extension agency involved in dissemination of scientific know-how to the farmers has to be geared up to harness the overall benefits of biofertiliser use. The farmers shall have to be made aware about the ability of VAM fungi which produce a dramatic response in plant growth (Rajan *et al.*, 2000). Using of these inocula will prove of greater benefit to the farmers in long run.

REFERENCES

- ABBOT L. K & ROBSON A. D. (1982) The role of Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and selection of fungi for inoculation. *Aust. J. Agric. Res.* 33: 389-408.
- AMBIKA P. K., DAS P. K., KATIYAR R. S & CHOUDHURY P. C. (1994) The influence of vesicular arbuscular mycorrhizal association on growth, yield and nutrient uptake in some mulberry genotypes (*Morus* spp.). *Indian J. Seric.* 33: 166-169.
- ANONYMOUS (1949) Annual administrative report of the Department of Agriculture. United Province for the Year, 1947-48. p 89.
- ANONYMOUS (1962) A dictionary of Indian raw materials and industrial products. The wealth of India – Raw Materials, vol. 6 Council of Scientific and Industrial Research. New Delhi, India, pp. 434 – 37.
- BAGYARAJ D. J. (1984) Biological interactions with VA-mycorrhizal fungi. In: VA-mycorrhizae (Ed. Powell, C. L and Bagyaraj, D. J). CRC Press, Boca Raton, USA.
- BAGYARAJ D. J & MENGE J. A. (1978) Interaction between VA-mycorrhizae and *Azotobacter* and their effects on rhizospheric microflora and plant growth. *New Phytol.* 80: 567-573.

- CHANDRASHEKAR D. S., SHEKAR SHETTY. H & DATTA.R. K. (1996) Effect of inoculation with *Acaulospora laevis*, *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* and *Azospirillum* on growth and leaf yield of mulberry. *Sericologia*. 36 : 283-287.
- CHARITHA DEVI M., RAJASHEKAR A & REDDY M. N. (1998) Studies on the Vesicular arbuscular mycorrhizae in different varieties of mulberry (*Morus alba* L.). *Sericologia*. 38 (1): 141-147.
- CHEN TA (1991) Single spore culture and mass production of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi (VAMF) on growth and development of *Zinnia*. MSc thesis. Dept. of Horticulture, National Taiwan University, Republic of China, 115 pp.
- DAFT M. J. OKUSANYA B. O. (1973) Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth. *New Phytologist*. 72: 1333-1339.
- DAS P. K., KATIYAR R. S., HANUMANTHAT GOWDA M., CHOUDHURY P. C & DATTA R. K. (1994) An effective technique of VAM inoculation for mulberry (*Morus* sp.). *Mycorrhiza News*. 6 (2): 6-8.
- DAS P. K., KATIYAR R. S., HANUMANTHAT GOWDA M., FATHIMA P. S. & CHOUDHURY P. C. (1995) Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on growth and development of mulberry (*Morus spp.*) saplings. *Indian J. of mulberry Sericulture*. 34: 15-17.
- DAVIS R. M., MENGE J. A & Erwin D. C. (1979) The influence of endotrophic mycorrhizae on plant disease. I. Colonisation of tomato plants by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersicum*. *Phytopathol. Z.* 95: 105.
- DEHNE H. W. (1982) Interaction between vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathology* 72:1115.
- DEHNE H. W. & SCHOENBECK F. (1979) The influence of endotrophic mycorrhizae on plant disease. I. Colonisation of tomato plants by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersicm*. *Phytopathol. Z.* 95 :105.
- FATIMA P. S., DAS P. K., KATIYAR R. S., HIMANTRAJ M. T & PALLAVI S. N. (1996) Effect of VAM inoculation in mulberry under different levels and sources of phosphorus on silkworm growth, Cocoon yield and quality. *Indian J. of seric.*, vol: 35 No. 2, pp 99-103.
- FRANK A. B. (1885) Uber die an wurzelsymbiose beruhende Erhaltung gewisser Baume durch unterirdische pilze. *Ber. Dtsch. Ber. Dtschi. Bot. Ges.*, 3:128-145.
- GNELOW M. A & MASSCHNER H. (1989) Role of VA-mycorrhiza in growth and mineral nutrition of apple (*Malus pumila* var *domestica*) root stock cuttings. *Plant and soil* 119, 285-293.
- GOVINDA RAO. Y. S. (1983) Field response of Finger Millet to VA-mycorrhizal inoculation. *Abst. of Phd. thesis . Mysore J. of Agriculture Sci.* 17 (1), 96.
- HANUMANTH GOWDA, M & PRAKASH RAO, C. G. (1993) Growth response of *Morus alba* L. var. Mysore Local inoculated with *Glomus intradices* Schenck and Smith. *Asian J.. Pl. Sci.* 4 (2): 31-34.
- ITO K & INOKUCHI T. (1981) Nutritive effects of D. Amino acids on silkworm *Bombyx mori* L. *J. of insect physiology.* 27 (7): 447 – 453.
- JAGPAL R. MUKERJI K. G. (1991) VAM fungi in reforestation. *Plant roots and their environment. Proc. ISRR symposium.* Pp. 309-313. *Mycorrhiza News*. Vol 10. No. 3: p 3.
- JALALI B. L (1991) Mycorrhizal systems in management of plant diseases. *Mycorrhiza News*. Vol 3. Nov. 2: 1991. pp 3.
- JASPER D. A., ABBOT. L. K & ROBSON. A. D. (1989) Acacias respond to additions of phosphorus and to inoculation with VA-mycorrhizal fungi in soils stockpiled during mineral sand mixing. *Plant and Soil.* 115: 99-108.
- KATIYAR R. S., DAS P. K., CHOUDHURY P. C., GOSH A., SINGH G. B & DATTA, R. K. (1995) Response of irrigated mulberry (*Morus alba* L.) to VA-mycorrhizal inoculation under graded doses of phosphorus. *Plant and soil*, 170: 331-337.
- KUNDASWAMY D. J., OBLISWAMI S & SANTHNAKRISHNAN. (1986) Influence of VA-mycorrhizal inoculation on the growth of *Pyrethrum* in the nursery. *Pyrethrum Post.* 16: 81 -83.

- MENGE J. A., LEMBRIGHT H & JOHNSON ELV. (1977) Utilisation of mycorrhizal fungi in *Citrus* nurseries. Proc. Int. Soc. Citric., 1: 129.
- MOSSE B., STRIBLEY D. P & LETAKON F. (1981) Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. Advances in Microbial Ecology. 137-210.
- MUTHUKRISHNAN P., OBLISAMI G & MUTHUKRISHNAN T. S. (1981) Vesicular arbuscular mycorrhizal association in mulberry. Proc. Seric. Symp. Sem., T. S. Muthukrishnan and S. R. Sree Rangaswamy (Eds.), Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India, pp. 102-105.
- NARENDRA KUMAR J. B., MAGADUM S. B., KAMBLE C. K., SABITHA M. G & DANDIN S. B. (2001) Role of VAM in established mulberry gardens of farmers. In: Abstracts, National Seminar on Mulberry Sericulture Research in India. Theme: Nutritional Management and Quality Improvement in Sericulture. 20–28 Nov. 2001. pp. 111.
- NELSON R., KRISHNAMURTHY K. V., SENTHILKUMAR S. (2000) Growth stimulation of *Santalum album* seedlings by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. Dept. of Microbiology. JJ college of Arts and Science. Pudukkottai. Mycorrhiza News 12 (2) p. 14.
- NIEMI M. & VESTBERG M. (1992) Inoculation of commercially grown strawberry with VA-mycorrhizal fungi. Deptt. Of Biology, Espoo research Centre, Kemira oy, P. O Box 44, SF-02271 ESPOO, Finland and Agricultural Research Centre of Finland, Lankaa Research and Healthy Plant Unit, Juntula, SF-41340 laukaa, Finland. Plant and Soil 144: 133-142.
- PADMA S. D. & SULLIA S. B. (1991) Vesicular arbuscular mycorrhiza in indigenous and exotic cultivars of mulberry. Acta Botanica Indica 19:145-149.
- PADMA S. D., SUKUMAR J., NAGENDRAKUMAR T. D. & BONGALE U. D. (A field study on the response of mulberry to combined inoculation with vesicular arbuscular mycorrhiza and phosphate solubilizing micro-organisms under graded levels of phosphatic fertilizers. In: Abstracts, National Seminar on Mulberry Sericulture Research in India. Theme: Nutritional Management and Quality Improvement in Sericulture. 20–28 Nov. 2001. pp. 116.
- RAJAGOPAL D., MADHAVENDRA S. S & JAMIL K. (1989) Occurrence of VAM fungi in roots of *Morus alba* L. Curr. Sci., 58 (12): 687-689.
- RAJAN S. K., REDDY BJD & BAGYARAJ D. J. (2000) Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. For Ecol. Manage. 126: 91–95.
- RATHORE V. P & SINGH H. P. (1995) Influence of VA mycorrhizal fungi and phosphate on maize. J. of Indian Society of Soil Sci. 43: 207-10.
- RHODES L. H & J. W. GERDEMANN. (1978) Nutrient translocation in vesicular arbuscular mycorrhizae in agroforestry in cellular interactions. Symbiosis and parasitism (Eds. C. B. Cook, P. W. Pappas and E. D. Rudolph). The Ohio state University Press, Columbus, Ohio. Pp. 178–195.
- SASTRY C. R. (1983) Mulberry Agronomy, Pest and diseases Lead Paper, National Seminar on Silk Research and Development, Bangalore. India. March 10-13, pp 1-24.
- SETUA G. C., SUDHAKAR P., KAR R., DAS N. K and Gosh J. K. (1999 a) Effect of VAM association on S1 Mulberry (*Morus* sp.) at nursery stage. Indian J. of Agricultural Sci. 69 (3): 201-4.
- SETUA G. C., KAR R., GHOSH J. K., DAS N. K & SARTHACHANDRA B. (1999 b) Response of direct inoculation of VAM on growth, Leaf yield and phosphorus uptake in mulberry (*Morus alba*). Indian J. of Agricultural Sci. 69 (6): 444 - 48.
- SHARMA D. D., CHANDRASHEKAR D. S & DATTA R. K. (2000) Managing mulberry root knot nematode. Hindu, Science and Technology Section, dated 4 -5-2002.
- SHARMA D. D., GOVINDAIAH, KATIYAR R. S., DAS P. K., LATHA JANARDHAN., BAJPAI A. K & CHOUDHURY P. C. (1995) Effect of VA-mycorrhizal fungi on the incidence of major mulberry diseases. Indian. J. Seric., 34 (1): 34-37.
- SINGH B & LAL S. B. (1953) Wilt of Guava. Agril. And An. Hus. III (10, 11, 12): 78-9.
- SREERAMULU K. R & BAGYARAJ D. J. (1986) Field response of chili to VA-mycorrhiza on black clayey soil. Plant and soil, 93, 229-302.

- SREERAMULU K. R., VISHNAWANATH S & PRABHAKARA S. (1990) Effect of VA mycorrhiza on the growth of two important leafy vegetables. Agricultural college, Navik, Shimoga, Karnataka.
- SUBBASWAMY M. R., REDDY M. M & SINHA A. K. (1994) Tank silt. A cheap name to manure to mulberry. *Indian Silk*, 32 (10): 10.
- SUKHADA MOHANDAS. (1987) Field response of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) Pusa Ruby to inoculation with VA-mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* and with *Azotobacter vinelandii*. *Plant and soil*, 98: 295-297.
- TINKER P. B. (1978) Effects of VAM in plant nutrition and plant growth. *Physiol. Veg.*, 16: 743.
- UMAKANTH G. C & BAGYARAJ D. J. (1998) Response of mulberry saplings to inoculation with VA mycorrhizal fungi and *Azotobacter*. *Sericologia*. 38 (4): 669-675.
- WEN C. L. (1991) Effects of temperature and *Glomus* sp. On the growth and cut flower quality of micropropagated *Gerbera jamesonii*. MSc thesis Dept. of Horticulture, National Taiwan University, Republic of China, 158 pp.
- ZAMBOFIM L & SCHENCK N. C. (1983) Reduction of the effect of pathogenic root infecting fungi on soybean by the mycorrhizae fungus *Glomus mosseae*. *Phytopathology* 73: 1402.

INOCULATION MYCORHIZALE POUR LA PRODUCTION DE CULTURES BIOLOGIQUES

M. F. BAQUAL, S. QAYOOM, S. NOOR-UD-DIN & H. U. DAR

Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology (K), Division of Sericulture,
P. Box 674, G. P. O., Srinagar – 190 001 (J & K), Inde.

Les champignons mycorhizaux arbusculaires vésiculaires (VAM) sont omniprésents sur le plan géographique dans des zones écologiques variées. Leur association avec les cultures agricoles est mondialement appréciée et elle est si courante qu'il est plus facile de citer la plupart des familles de plantes qui n'ont pas de mycorhizes plutôt que celles qui en ont. Il existe une documentation importante sur le rôle que jouent ces minuscules micro-organismes dans l'économie du phosphore chez les plantes cultivées. Comme ils sont bons marché et ne sont pas nuisibles à l'environnement, on a recours à leur application dans des cultures agricoles variées dans le monde entier. Les plantes importantes avec des mycorhizes sont le blé, le maïs, le millet, les haricots, le soja, les tomates, les pommes, le raisin, les bananes, le ricin, le tabac, le thé, le café, la canne à sucre, etc... Nous avons étudié leur rôle dans la culture du mûrier comme supplément aux engrais non biologiques et pour diminuer l'application de phosphore. Nous présentons également les stratégies et les axes de recherche pour le futur.

En raison de la tendance à l'augmentation de la population mondiale, la demande en produits agricoles augmente au même rythme. La plupart des fermiers dans le monde entier en général et en Inde en particulier ont des terrains morcelés de sorte que l'augmentation de la production verticale de cultures et de la productivité avec un niveau diminué d'intrants prennent de plus en plus d'importance. De plus, récemment, les préoccupations concernant la santé ont aussi pris de plus en plus d'importance car on a de plus en plus conscience des conséquences de l'utilisation des engrais non biologiques dans le but d'augmenter les rendements des cultures. D'une part, l'utilisation fréquente des engrais chimiques pendant une période prolongée détériore les caractéristiques du sol de surface et a un effet sur la disponibilité et sur l'absorption des nutriments par les plantes (Subbaswamy et coll., 1994) et d'autre part, la quantité de nutriments retirée du sol est le double de celle qui est ajoutée par les engrais. A long terme, cela entraînera un déséquilibre de plus en plus important en nutriments des plantes, qui sera une menace majeure pour maintenir les conditions de santé du sol et la productivité des cultures. Par ailleurs, le besoin en nourriture et en fourrage pour les êtres humains et le bétail augmente et l'apport inadapté en engrais domestiques associés à la santé du sol et à la productivité à long terme dans les systèmes de culture intensive ont fait prendre conscience qu'il était nécessaire d'utiliser un système intégré d'apport en nutriments qui implique l'utilisation combinée de différentes sources de nutriments, c'est à dire les engrais chimiques, les fumiers et les engrais biologiques. Le recours à l'application de ces engrais biologiques non seulement ne nuit pas à l'environnement mais en plus il améliore la santé du sol et le rend de plus en plus durable pour la croissance des cultures. De plus, pour atteindre le double objectif de l'abaissement de la pauvreté et de l'accroissement du bien-être des parties les plus désavantagées et les plus faibles de la société, il est maintenant devenu impératif d'améliorer la durabilité, la rentabilité et la productivité de l'agriculture par une utilisation judicieuse et de plus en plus intégrée de nos ressources naturelles comme les engrais biologiques qui peuvent être utilisés dans n'importe quel type de sol.

Les engrais biologiques qui sont des produits contenant des cellules vivantes de différents types de micro-organismes ont la capacité de mobiliser des éléments importants sur le plan nutritionnel sous des formes utilisables et non utilisables par des processus biologiques. Un de ces groupes d'engrais biologiques est constitué par les mycorhizes vésiculaires arbusculaires (VAM), un terme inventé par Frank (1885) désignant une relation systématique entre les champignons et les racines des plantes. Elles sont formées par des champignons zygomycètes appartenant aux genres *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Enterophosphora* et *Sclerocystis* et sont des symbiotes obligés présents dans des habitats écologiques variés, des environnements aquatiques à désertiques (Moose et coll., 1981). L'utilisation de ces champignons permet aux fermiers d'obtenir une production plus importante des cultures, ce qui est le besoin à l'heure actuelle. Pour maintenir une économie saine du secteur agricole, il est impératif d'adopter des technologies bon marché et de réaliser des dividendes plus élevés en termes de productivité des cultures. La contestation gagne de plus en plus de terrain puisque récemment, dans les pays en développement, particulièrement en Inde, le coût des engrais est monté bien au-delà des moyens des fermiers, qui trouvent qu'il est difficile d'appliquer la dose d'engrais recommandée dans leurs cultures en croissance en raison de leurs maigres revenus. Ainsi, pour diminuer le coût d'application des engrais, on a recours à l'application d'engrais biologiques. Gandhiji a dit une fois " échanger la fertilité du sol contre des profits rapides pourrait s'avérer une politique désastreuse et manquant de perspective. Cela entraînerait l'épuisement virtuel du sol ".

LES MYCORHIZES EN ACTION

Bien que la réponse des cultures à l'inoculation de VAM soit gouvernée par le type de sol, la variété des hôtes et les souches de VAM, et également par un certain nombre de facteurs biotiques et abiotiques, leur utilisation dans la production des cultures renferme encore plus de promesses, puisqu'elle diminue le besoin en engrais phosphoré qui autrement pourrait s'épuiser d'ici quelques décennies. L'effet bénéfique des mycorrhizes est particulièrement important chez les plantes au système racinaire grossier présentant peu de ramifications, puisque les hyphes externes peuvent s'étendre à au moins 8cm des racines (Rhodes et Gerdemann, 1978) et absorber les nutriments à partir d'un volume de sol beaucoup plus grand que la zone d'absorption entourant une racine sans mycorhize. Ces mycorrhizes sont très répandues dans les conditions naturelles et sont présentes dans presque tous les sols, des sols agricoles (Abbot et Robson, 1982) aux sols des pinèdes (Jasper et coll., 1989). On peut les utiliser individuellement ou en combinaison avec d'autres inoculats microbiens et en tant que telles elles peuvent diminuer l'application de phosphore et des autres nutriments jusqu'à 50 % ou plus.

On a accordé beaucoup d'attention au rôle des VAM dans la nutrition des plantes cultivées et horticulture (Tinker, 1978 ; Menge et coll., 1977). L'inoculation de VAM augmente l'accumulation des matières sèches et l'absorption de NPK par le maïs tout en augmentant le phosphore disponible dans le sol (Rathore et Singh, 1995). L'inoculation de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) avec *Glomus fasciculatum* augmente considérablement la surface foliaire, le poids de la pousse sèche, la teneur en azote, la teneur en phosphore et le rendement par rapport aux plantes non inoculées (Sukhada Mohandas, 1987). L'effet de l'inoculation de *Glomus fasciculatum* chez les légumes à feuilles comme *Amaranthus* et *Methi* est une amélioration considérable de la croissance, du rendement de la plante et une augmentation de la concentration en phosphore des plantes. On constate une croissance avantageuse des cultures chez les plantes inoculées avec *Glomus fasciculatum* et recevant un supplément de 50 % d'engrais P et leur rendement est égal à celui des plantes complètement supplémentées avec NPK (Sreeramulu et coll., 1990). Gnelow et Masschner (1989) ont signalé que les pommiers (*Malus pumila* var domestica) inoculés ont une concentration considérablement plus élevée en Zn dans leurs feuilles et dans leurs racines et de cuivre dans les tiges et les racines. L'inoculation de *Glomus fasciculatum* entraîne une augmentation maximum de la teneur en phosphore et en Zn et du taux de croissance chez le piment (Sreeramula et coll., 1986). Les plants de

millet inoculés avec des VAM poussent mieux, contiennent des quantités plus élevées de P, de K et de Zn et ont un meilleur rendement par comparaison au témoin non inoculé (Govinda Rao, 1983). L'inoculation de VAM chez les jeunes plants de *Santalum album* améliore leur croissance comme l'indique l'augmentation de la longueur des pousses et des racines, de l'épaisseur de la tige et de la surface foliaire des feuilles. On enregistre la promotion maximum de la croissance chez les plants de *Glomus fasciculatum* traités chez qui la longueur de la pousse augmente de 66,2 %, le poids frais de 96,4 % et la biomasse de la plante de 94,7 % par rapport au témoin (Nelson et coll., 2000). Tous les plants de fraisiers inoculés donnent plus de coulants la première année que les plants témoins (Niemi et Vestberg, 1992). Les études réalisées à l'Université de Delhi en Inde montrent que la croissance des jeunes plants de *Leucacena leucocephala* et de *Sesbania sesban* inoculés avec *Glomus macrocarpum* est meilleure que celle des plants non inoculés. L'activité phosphatase, que l'on utilise pour évaluer l'absorption du phosphore est aussi plus grande chez les plants inoculés (Jagpal et Mukerji, 1991).

On a aussi exploité les effets de l'inoculation de champignons mycorrhiziens en horticulture, bien que les effets étudiés soient beaucoup moins importants que chez les cultures de fruits et de légumes (Chen, 1991). Le nombre de fleurs et le poids sec des plants de *Petunia* et de *Chrysanthemum* mycorrhizés sont bien plus importants (Daft et Okusanyaa, 1973). Le *Pyrethrum* mycorrhizé peut fleurir 7 à 10 jours plus tôt que le témoin non mycorrhizé (Kundaswamy et coll., 1986). On observe une augmentation de l'absorption d'azote, de phosphore, de potassium et de calcium chez les jeunes plants de soucis, de rose et chez les jeunes plants de lis (Wen, 1991). On pourrait aussi utiliser les systèmes mycorrhiziens pour lutter contre les maladies des plantes. L'inoculation de *Cicer arietinum* avec *Glomus fasciculatum*, de *Vigna radiata* avec *Glomus moseae* et du pois avec *Gigaspora calospora* a un effet positif considérable sur la lutte contre les maladies provoquées par leurs pathogènes respectifs *Fusarium oxysporum* V12, *Macrophomina phaseolina* et *Phytophthora dreschleri* de. De même, les inoculations de VAM chez le tabac, la cacahuète, et la tomate ont un effet positif sur la lutte contre les maladies provoquées respectivement par *Pythium*, *Sclerotium rolfsie* et *Pythium aphanidermatum* (Jalali, 1991).

La flétrissure de la goyave (*Psidium guajava* L.) qui est une maladie importante (Anon, 1949) menace la culture de la goyave dans la plupart des zones (Singh et Lal, 1953). On a remarqué que les mycorrhizes – VA réduisent les dégâts provoqués par le pathogène (Davis et coll., 1979). On a déjà rapporté la lutte contre un certain nombre de maladies fongiques des racines dues aux espèces de *Fusarium* par l'application de VAM (Dehne et Schoenbeck, 1979 ; Dehne, 1982 ; Zambofim et Schenck, 1983). Les changements induits par les VAM dans les exsudats de la racine et l'altération de la mycoflore de la rhizosphère qui en résulte ont amélioré les perspectives dans la lutte biologique contre le pathogène de la racine (Bagyaraj, 1984, Bagyaraj et Menge, 1978). On a aussi rapporté que l'inoculation de VAM diminue la population des nématodes dans le sol.

La pratique de l'élevage du ver à soie du mûrier (*Bombyx mori* L.) pour obtenir des cocons de soie est ancienne dans le sous-continent indien et une part importante de la population rurale y est associée. Le mûrier est devenu une plante de rapport commerciale importante pour les fermiers séricicoles dont la culture implique 60 % du coût total de la production de cocons (Sastry, 1983). Puisque le ver à soie *B. mori* L. est un insecte monophage, il se nourrit sélectivement sur des feuilles de mûrier possédant des substances attractives olfactives et contenant des facteurs pour qu'il les mordent et les avalent. Il est donc primordial de produire de bonnes feuilles de qualité avec une valeur nutritive supérieure pour la production de cocons sains et de qualité. Le mûrier constitue non seulement une nourriture pour les vers à soie, mais il est également un anthelminthique, un antipyrétique, un hypotenseur et un hypoglycémiant (Anonyme, 1962).

Comme chez beaucoup d'autres plantes cultivées, on a aussi besoin d'avoir recours à un certain nombre de pratiques de fertilisation. Bien que l'on ait rapporté que les mycorrhizes arbusculaires vésiculaires colonisent les plants de mûrier (Padma et Sullia, 1991), on dispose encore de très peu d'information sur l'association des VAM avec le mûrier. On a remarqué la présence de

mycorhizes-VA dans les racines alimentaires du mûrier (Muthukrishnan et coll., 1981). Les auteurs ont aussi rapporté une colonisation de la racine et un nombre de spores plus important dans les sols à texture légère par comparaison aux sols à texture lourde. Dans cet article, nous avons essayé d'étudier cela.

Il s'avère que la survie, la croissance de la plante, la production de biomasse et la qualité de la feuille des plants de mûrier mycorhizés sont supérieures à celles des plants non mycorhizés (Fatima et coll., 1996). Les données sur de jeunes plants mycorhizés de 4,5 mois de la variété de mûrier S1 révèlent une meilleure performance générale pour certains caractères qualitatifs et quantitatifs importants par rapport aux jeunes plants non mycorhizés (Setua et coll., 1999a). Hanumantha Gowda et Prakash Rao (1993) ont rapporté qu'il y a une amélioration significative de la production de biomasse chez les variétés de mûrier Mysore Locale et K2 inoculées avec le VAM *Glomus intradices* par rapport au témoin non inoculé. Les études de Katiyar et coll., (1995) révèlent clairement que l'inoculation du mûrier avec *Glomus mosseae* ou *Glomus fasciculatum* en combinaison avec 30 Kg P₂O₅ / ha / année pourrait économiser 75 % de la dose recommandée d'application d'engrais phosphoré dans la culture du mûrier. Rajagopal et coll., (1989) ont observé l'association de VAM dans les racines de *Morus alba*. Charitha Devi et coll., (1989) ont étudié l'association de VAM chez différentes variétés de mûrier. Cependant, on a observé que le pourcentage d'infestation, le nombre d'arbuscules, de vésicules et de spores varient chez les différents génotypes. Das et coll., (1995) ont obtenu un rendement plus élevé chez le mûrier (48 550 kg / ha / année) avec l'inoculation de *Glomus mosseae* et de phosphate du rocher Mussorie (30 kg / P / ha / année). C'est un résultat similaire à celui obtenu chez le témoin non inoculé + dose complète de P (120 kg / ha / année), ce qui indique qu'on peut diminuer les engrais phosphatés et avoir recours à l'utilisation d'une source bon marché de phosphore sans effet adverse sur le rendement foliaire du mûrier. L'utilisation d'une combinaison d'inoculats, c'est à dire les VAM (*Acaulospora laevis*), les PSM (micro-organismes solubilisant le phosphate, *Bacillus megatherium*) et les bactéries fixant l'azote (*Azospirillum brasilense*) rapportée par Chandershekar et coll., (1996) avec une application unique de superphosphate donne un rendement foliaire maximum de 31 075 kg /ha. Umakant et Bagyaraj (1998) en travaillant sur la réponse de jeunes plants de mûrier à l'inoculation de VAM et d'*Azotobacter* ont rapporté que la double inoculation des plants de la pépinière avec *Glomus fasciculatum* + *Azotobacter chroococcum* augmente considérablement la croissance de la plante et le développement des jeunes plants de mûrier. Das et coll., (1995) ont observé une augmentation de la croissance, du développement et de la survie des jeunes plants de mûrier inoculés avec *Glomus mosseae*. Ils ont aussi mis l'accent sur le rôle de l'inoculation de jeunes plants de mûrier avec des VAM pour diminuer l'application d'engrais phosphatés. Bien qu'il existe plusieurs types de champignons mycorhiziens-VA, on trouve que *Glomus mosseae* et *G. fasciculatum* sont très bénéfiques pour le mûrier. Ils sont disponibles comme inoculum présents dans le sol qui contient des spores, des hyphes mycorhiziennes et des fragments de racines de l'hôte. Les résultats de l'expérience réalisée dans dix muraies de fermiers avec l'inoculation de mycorhizes VA révèlent que bien qu'il y ait une diminution de 50 % de l'application d'engrais phosphatés chez les parcelles traitées avec des VAM, le rendement foliaire est semblable à celui du témoin chez qui on applique la dose d'engrais recommandée, c'est à dire 300 : 120 : 120 NPK (Narendra Kumar et coll., 2001). Les études d'Ambika et coll., (1994) ont révélé la présence de cinq genres de VAM (*Glomus*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, *Gigaspora* et *Scutellospora*) dans la rhizosphère de différents génotypes de mûrier. De plus, on a rapporté que l'absorption de l'azote et du phosphore par la feuille est influencée par l'association de VAM chez certains génotypes. Quand on sème des grains de maïs (40 kg /ha) recouverts de VAM – boue (75 kg /ha) entre les rangées de plantations de mûrier S1 âgés de 2 ans, on observe que la hauteur du plant, (119,5 cm), le nombre de feuilles / plant (233,3), le rendement foliaire (25 635,5 kg / ha / année) et l'humidité de la feuille (74,4 %) sont maximum en utilisant *Glomus fasciculatum* avec 30 kg P / ha / année (Setua et coll., 1999b). La double inoculation du mûrier avec les VAM *Glomus mosseae* et les bactéries solubilisant le phosphate *Bacillus megatherium* entraîne une augmentation considérable de la croissance, du

rendement et de l'absorption des nutriments. L'augmentation du rendement est de l'ordre de 20,08 % en présence de super phosphate unique (50 : 50) et de phosphate de rocher Mussorie (Padma et coll., 2001).

On a observé que l'application de Bionema + tourteau de margousier + VAM (*Glomus mosseae*) diminue la population de nématodes de manière significative (Sharma et coll., 2000). Sharma et coll., (1995) ont aussi rapporté que l'incidence de la maladie de la tâche, de la rouille, de la flétrissure de la feuille, du mildiou poudreux et de la flétrissure bactérienne est minimum chez les plants inoculés avec *Glomus fasciculatum* en combinaison avec 60 ou 90 kg P / ha / année.

PREPARATION ET APPLICATION DE L'INOCULUM DE VAM

Pratiquement, on peut préparer l'inoculum de VAM dans n'importe quel type de sol en creusant une parcelle de 300 × 200 cm à 30 cm de profondeur dans la pépinière. Il faut augmenter la porosité de la terre en ajoutant du sable, ce qui permet d'assurer une aération correcte et une multiplication rapide de l'inoculum à préparer. Pour libérer la terre des VAM naturels et d'autres infestations, il faut la stériliser en brûlant du paillis d'algues dessus. On laisse ensuite la terre se refroidir et un jour après on la mélange minutieusement avec les cendres générées après avoir brûlé les algues. On creuse ensuite des sillons de 5cm de profondeur à une distance de 30 cm l'un de l'autre et on applique dans les sillons 10 kg d'inoculum de VAM comme culture de départ dans les sillons, puis on sème immédiatement 500 g de graines de maïs dans ces sillons. Une fois que les graines de maïs sont semées, on recouvre les sillons avec du sol et on procède à l'irrigation. On a recours à l'irrigation tous les 3-4 jours. On laisse le maïs pousser jusqu'à ce qu'on récolte les épis. On peut couper les plants de maïs au niveau du sol et creuser le sol jusqu'à 15-20 cm de profondeur et recueillir le sol avec les racines de maïs. On coupe les racines de maïs en petits bouts et on mélange le tout avec soin. On peut récolter au minimum une tonne d'inoculum. Cela sert d'inoculum VAM et cela est suffisant pour l'utiliser sur un hectare de terrain où on doit planter des boutures de mûriers. La préparation des VAM par ce procédé prend 3 à 4 mois.

On peut procéder à l'inoculation des VAM dans la pépinière en suivant la méthode décrite par Das et coll., (1994). Il faut creuser de petits sillons (15 cm de profondeur et 5 cm de largeur) le long des plates-bandes de la pépinière à 15cm l'un de l'autre. On applique l'inoculum dans ces sillons et on peut planter les boutures de mûrier de manière à établir un contact entre l'inoculum et la bouture. Il ne faut exposer qu'un bourgeon de bouture. Après avoir planté les boutures, on recouvre immédiatement les sillons avec de la terre. Une fois qu'on a appliqué l'inoculum, il convient de procéder aux opérations culturales régulières.

Pour la mûraie établie, on peut procéder à l'inoculation des VAM après avoir taillé la mûraie. Une semaine après la taille, il faut faire de petits sillons dans la mûraie et appliquer l'inoculum de VAM à raison de 1000 kg / ha dans ces sillons. Il faut ensuite planter du maïs à raison de 20 kg /ha. On procède ensuite à l'irrigation et aux autres opérations culturales d'après les recommandations. Une fois que les plants de maïs ont entre 80 et 100 jours, on les coupe avec une faucille aiguisée en laissant les racines intactes dans le sol. On n'applique que 75 % du phosphate.

STRATEGIE FUTURE

Nous convenons que les espèces et les souches des champignons VAM diffèrent dans leur efficacité et dans leur absorption des nutriments, ce qui laisse des possibilités pour évaluer des souches / des espèces prometteuses pour les différentes espèces de plantes qui pourraient être adaptées à leur niche bio-écologique. L'évaluation de telles souches spécifiques aux cultures, leur inoculation et leur multiplication dans la zone de la rhizosphère des plantes cultivées pourrait représenter une aubaine pour le développement de l'agriculture. L'application d'inoculum de mélanges de champignons VAM dans le sol est sans dommage par rapport à leur efficacité. Cela voudrait dire que si un champignon

particulier ne présente pas d'action, un autre peut entrer en symbiose et les cultures en bénéficient. On pourrait continuer cela jusqu'à ce que des souches spécifiques soient isolées. Cependant, entre temps il faut qu'il y ait des efforts concertés pour surmonter toutes les difficultés auxquelles un fermier doit faire face lorsqu'il utilise des engrais biologiques. Il faut accorder la priorité maximum aux aspects suivants : les contraintes de production, la familiarisation des fermiers avec les inoculats microbiens, la préparation des cultures et les méthodes d'application chez les fermiers. L'agence de vulgarisation impliquée dans la diffusion du savoir-faire scientifique chez les fermiers doit se préparer pour exploiter les bénéfices généraux liés à l'utilisation des engrais biologiques. Il faudra faire prendre conscience aux fermiers des potentialités des champignons VAM qui offrent une réponse remarquable pour la croissance des plantes (Rajan et coll., 2000). L'utilisation de ces inoculum s'avérera très bénéfique pour les fermiers à long terme.

PHENOLOGICAL VARIABILITY OF SOME MULBERRY CULTIVARS (*MORUS* SP. PL.) AT PADUA (NORTH-EASTERN ITALY), IN RELATIONSHIP TO CLIMATE: 1999-2001

M. BIASIOLO¹, L. CAPPELLOZZA², S. CAPPELLOZZA², V. CARDILLO³ & N. TORNADORE¹ *

1. Sezione Geobotanica, Dipartimento di Biologia, Università di Padova, V. G. Colombo 3, 35121 - Padova, Italy.
2. Sezione Specializzata per la Bachicoltura di Padova, Istituto Sperimentale Zoologia Agraria, Via Dei Colli 28, 35143 Padova, Italy.
3. Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova, via Romea 16, 35020 Legnaro (Padova), Italy.

*As a part of the research project, named "New technologies for the relaunch of Italian moriculture and sericulture", funded by the Italian Ministry of Agricultural and Forestry Policies, the phenological pattern of four Italian and five Japanese cultivars of *Morus* sp. pl., cultivated at the Experiment Institute for Agricultural Zoology, "Specialized Sericultural Section" of Padua, was examined in the period 1999-2001.*

A phenological key, specific for the mulberry and based on annual series of the most important vegetative and reproductive events was devised.

Comparing the phenological calendars, recorded in the three years of the study, it was possible to estimate the constancy or the variability of the phenological pattern of the different cultivars. By putting their behaviour in relationship with the meteorological data, the influence of climate and in particular temperature on phenological phases was also examined.

Over this three year period, an always greater advance of the beginning of new vegetative activity after winter was observed, caused by a constant increase of the spring average temperatures from 1999 to 2001, with the anticipation of flowering with respect to leaf emission in the last two years.

Keywords: Mulberry, Cultivar, Phenology, Meteorological factors.

INTRODUCTION

In the period 1999-2001, the phenological pattern of nine cultivars (cvs) of *Morus* sp. pl., was examined at the Experiment Institute for Agricultural Zoology, "Specialized Sericultural Section" of Padua. The work (carried out also till today) is part of the wider research project, named "New technologies for the relaunch of Italian moriculture and sericulture", funded by the Italian Ministry of the Agricultural and Forestry Policies. The cvs are a part of an important mulberry varietal

* Corresponding author. Tel: +39-49-8276237; fax: +39-49-8276230. E-mail address: tornado@civ.bio.unipd.it (N. Tornadore).

collection of the Institute, consisting of about fifty cvs of *Morus* belonging to different species (Sartori *et al.*, 2001).

In the scientific literature there is no agreement about the exact number of species pertaining to the genus *Morus* L. Unfortunately a homogenous systematic study of the mulberry has never been carried out.

Since ancient times the mulberry has been cultivated to feed silkworms, in order to produce precious silk fibre from their cocoons. Among European countries Italy has ever been an important cocoon and raw silk producer. Nevertheless, the complete disappearance of silkworm egg production and reeling plants, in addition to the extreme rarefaction of silkworm rearing marks the dramatic decay of sericulture, in terms of an always scarcer cocoon production, if compared to the 53,000 tons of cocoons, produced in the first decade of the 1900s (Reali, 1990).

From about 1930 many different factors such as cheap silk imports from the Far East, the spreading of synthetic fibres like rayon, lack of reorganization and renovation in the various sectors of sericulture, decreased availability of rural labour and, eventually, taxes and increased production charges determined an insufficient income for silkworm rearers and the consequent decay of mulberry cultivation (Cappelozza, 1999).

As the mulberry was traditionally cultivated in association with vines or other arboreal crops, it represented an obstacle to the modernization and mechanization of agronomic practices, and it was therefore one of the first plants to be eliminated.

Nowadays, moriculture and sericulture have new and important opportunities to become a profitable productive choice (Zanier, 1998). Alternative to traditional agricultural cultivations, these activities contribute to differentiate production and to recover soils, characterized by exceeding and not remunerative productions, today strongly penalized at European Union level.

The European Union has been directly supporting cocoon production, giving money, to promote the renewal, the reorganization and the strengthening of mori-sericulture, as one of the "non-food" and not exceeding productions (Cappelozza, 1999).

A new mulberry cultivation technique could be developed in order to obtain multiple utilizations of mulberry and to produce:

- Silk: the Chinese policy of silk prices aims at obtaining the complete control (monopoly) of the international market. In particular silk garments are sold under their actual cost of production to leave competitors (particularly European companies) out of the market. It can be easily foreseen that the raw silk price will vary according to Chinese government's development plans rather than on the basis of free market laws. A small amount of raw silk production in Europe can play the role of deterrent and cover requests for typical regional productions.

- Cellulose fibres: the mulberry can be used to produce biodegradable, ecological fibres similar to plastic, for different uses.

- Wood: mulberry wood is very flexible and elastic and it could be exploited to produce particular sport equipments; in the past this wood was also used to produce fine furniture, barrels and ropes.

- Fruit: fresh fruit, jams, compote, cakes, ice creams, fruit juices etc. based on mulberry represent an important chance for food companies interested in launching new natural and healthy products.

- Forage: the mulberry leaf is a food of recognized nutritive value for cattle (in particular small species) and fish (Sanchez, 2002).

- Organic material: derived from the residual of silkworm feeding could be used as natural fertilizer.

- Landscaping: because of the good resistance to pruning and low water requirements (Sanchez, 2002), the mulberry could contribute to reforestation of marginal soils and to contain CO₂ emissions in the atmosphere.

- Ethanol: the treatment of the wood sawdust with peracetic acid to obtain ethanol shows promising possibilities. Also, the conversion of mulberry tree biomass to fuels is economically feasible (Lee, 1981).

Therefore the mulberry should not necessarily be linked only to silk production. In fact, in the last twenty years mulberry cultivation has considerably expanded worldwide also independently of silkworm rearing. Being an adaptable plant, resistant to pests, the mulberry does not need particular cultivation care.

Mulberry cultivation allows to give new life to poor soils and furthermore, this activity reduces the risk of landslides, since these plants develop their bundled roots remarkably and can be cultivated also on marginal lands, with insufficient fertility and slope greater than 30-40 %, not apt to other more demanding cultivations.

The studied cvs are the following:

Italian group:

1) and 2) Cattaneo (Female and Male), (*Morus alba* L.): cvs introduced to Italy in 1865, by Gottardo Cattaneo (Vallese, 1912; Veneroso, 1943).

3) Florio, (*Morus alba* L.): very common cv in Friuli-Venezia-Giulia and partially diffused also in the Venetia region in the past, its cultivation is today diffused also in Southern Italy (Basilicata and Calabria regions) (Fuschini, 1932).

4) Morettiana, (*Morus alba* L.): in 1815 Giuseppe Moretti, Professor at the University of Pavia, agronomist and botanist, obtained this cv from seeds imported from India. It is one of the most common cvs in Northern Italy (Clerici, 1909; Veneroso, 1943).

Japanese group:

5) Ichinose, (*Morus alba* L.): cv imported to Italy from Japan between 1950 and 1960 (Lombardi, 1964; Reali *et al.*, 1985).

6) Kairyō nezumigaeshi (*Morus alba* L.): cv imported to Italy from Japan, in the same period of the previous one, very similar to Ichinose, it has longer internodes and a darker wood (Lombardi, 1964; Reali *et al.*, 1985).

7) Kokusou Rosso, (*Morus latifolia* P.): cv derived spontaneously from Kokusou 20 in the Specialized Section of Padua; its shoots are typically violet-red ("Rosso" means red). Due to the good quality of its leaves, the cv was reproduced to use it for silkworm feeding (Cappelozza *et al.*, 1995).

8) Kokusou 20 and 21 (*Morus latifolia* P.): very similar cvs, with giant leaves, they were imported to Italy in 1954 and cultivated especially in the Venetia region (Sastri, 1984; Reali *et al.*, 1985; Cappelozza, 1990).

MATERIALS AND METHODS

The mulberry plants, cultivated at the Specialized Sericultural Section of Padua, were obtained by means of agamic propagation (cuttings) and are homogeneous with respect to their age (10 years); inter ridge space is 3 m and inter stump space is 1 m (3300 plants/ha). Training method is "medium cut" i.e. the stump height is around 100 cm above the soil level. Pruning is usually carried out during the springtime (May to June), but for the whole duration of the experiment the branches under observations were not pruned. The mulberry field was cultivated under the method of "clean cultivation", with the mechanic removal of weeds. Nitrogen fertilizer was distributed according to the suggested doses (Cappelozza, 1988) at the end of winter, while organic fertilization was carried out ploughing grass and residuals of silkworm litters during the summer. The plants have been rain-fed.

Phenological analysis methods:

- For each cv, ten plants were randomly selected.
- For every chosen plant the phenological phases of some vegetative and reproductive shoots, (placed in a central position on one single branch, at intermediate height on the tree) were recorded.

The collected data referred to more than one single shoot, to avoid the possibility of losing samples, because of birds, accidental cuts or rain, causing the fall of immature shoots. In this way it is possible to carry out properly the phenological survey.

Observations of the plants were conducted once a week or also more frequently during the reproductive period, when almost daily changes are noticeable, because of the temperature influence. The completion of shooting and of every successive phase has been considered, as suggested by the International Board for Plant Genetic Resources, when 50% of the selected functional units have reached the considered phase (Schirone, 1986).

The phenological key, used in the current experiment, consists of a succession of phenological phases, corresponding to the most important vegetative (V) or reproductive (R) events, as shown in the list below (abbreviations follow the names of the phenological phases they are referred to):

- Bud swelling = BS (V1): the buds (leaves and flowers are not distinguishable one from another in this phase) are clearly swelled and they are beginning a new growth activity after the winter period.
- Leaf bud opening = LB (V2): vegetative buds are opening; young little leaves are visible.
- Flower bud opening = FB (R1): the reproductive buds are opening and flowering starts. This phase does not necessarily follow the previous ones; spring temperatures above the average can make the anthesis start before leaf appearance.
- Full flowering = FF (R2): full flowering of female and/or male flowers.
- Flower withering = FW (R3).
- Green fruit = GF (R4).
- Ripe fruit = RF (R5).
- Leaf yellowing = LY (V5): not all the cvs show this phase.
- Leaf fall = LF (V6).

Unfortunately a phenological key specific for the mulberry did not exist, therefore the method which was employed was devised, consulting the works of several authors (Marcello, 1951; Baggiolini, 1952; Marcello, 1954; Corti, 1980; Valenziano, 1983; Scaramella and Ricci, 1986; Turri and Intieri, 1986; Valenziano, 1986; Bedosti, 1987; Tiku *et al.*, 1988; Malassini, 1993; Puppi, 1993; Tornadore *et al.*, 1999; Masotti *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2000), concerning the phenological analysis of other yield plants such as olive, vine and fruit plants.

Comparing the three phenological calendars, it was possible to estimate which cvs maintained the most constant phenological behaviour during the three years; on the other hand, comparing their dates of appearance it was evaluated which were the less variable phenological phases. The categorical data (day of the month, when the phenological event was observed) were transformed into numerical data according to the procedure automatically performed by the software Microsoft Excel 2000.

Two Way Analysis of Variance (ANOVA) was performed on the recorded data by means of the software Cohort Costat, aiming to test the relationship among the cvs and the interaction between the single cv and the year. Multiple Range Test was performed to test the significance of the average differences among the various cvs in the three years.

The meteorological data were provided by the Botanical Garden of the University of Padua.

RESULTS AND DISCUSSION

I. Phenology 1999:

The dates recorded for the phenological phases in the three years of observations are shown in tables I, II and III; they are obtained calculating the average for the ten dates recorded for the ten plants selected for each cv.

Table I. Phenological calendar 1999.

Tableau I. Calendrier phénologique pour 1999.

Cultivar	Phenological phases								
	Bud swelling	Leaf bud opening	Flower bud opening	Full flowering	Flower withering	Green fruit	Ripe fruit	Leaf yellowing	Leaf falling
	Phases phénologiques								
	Gonflement des bourgeons	Ouverture des bourgeons foliaires	Ouverture des bourgeons de fleurs	Floraison complète	Flétrissure des fleurs	Fruits verts	Fruits mûrs	Jaunissement des feuilles	Chute des feuilles
<i>Female Cattaneo</i>	25.III	14.IV	20.IV	03.V	10.V	17.V	07.VI	04.X	26.X
<i>Male Cattaneo</i>	25.III	03.IV	06.IV	27.IV	10.V	-	-	19.X	01.XI
<i>Florio</i>	04.IV	08.IV	19.IV	27.IV	09.V	16.V	13.VI	-	06.XI
<i>Morettiana</i>	05.IV	12.IV	20.IV	28.IV	10.V	17.V	06.VI	-	04.XI
<i>Ichinose</i>	03.IV	06.IV	17.IV	30.IV	10.V	16.V	06.VI	15.X	11.XI
<i>Kairyô</i>									
<i>Nezumigaeshi</i>	06.IV	14.IV	20.IV	29.IV	11.V	18.V	06.VI	04.X	12.XI
<i>Kokusou Rosso</i>	03.IV	06.IV	14.IV	27.IV	03.V	10.V	02.VI	04.X	10.XI
<i>Kokusou 20</i>	25.III	06.IV	14.IV	20.IV	10.V	17.V	12.VI	15.X	08.XI
<i>Kokusou 21</i>	04.IV	08.IV	21.IV	30.IV	11.V	18.V	05.VI	04.X	11.XI

The first cvs to reach the phase BS after the winter period were Male and Female Cattaneo, and Kokusou 20. The other cvs reached this first phase approximately one week later; the last one was Kairyô nezumigaeshi.

Three to four days later Florio, Ichinose and Kokusou 21 showed a first leaf bud opening, while 8-12 days were necessary for the other cvs to show this phase, except for Female Cattaneo, which was the slowest.

In April all the cvs showed the phase LB (V2) in about eleven days; the first cvs to reach the phase V1, show generally a slower opening of leaves.

With regard to the reproductive structures, the first cv to show the phase FB (R1) was Male Cattaneo, followed a week later by Kokusou Rosso and Kokusou 20. The other cvs showed this phase later, the last one was Kokusou 21.

Morettiana, Kokusou 20 and 21, Kairyô nezumigaeshi and Florio showed full flowering after 7-9 days from the phase FB. About two weeks were necessary for the other cvs, except for Male Cattaneo, that was the slowest with three weeks. Generally male flowers preceded female ones. The flowering lasted two weeks before withering, except for the cvs Kokusou Rosso and Female Cattaneo (one week) and Kokusou 20 (three weeks).

All the cvs showed green fruits 6-10 days after female flowers withering. The fruit ripening lasted three or four weeks: the first cv to show phase RF was Kokusou Rosso and the last one was Florio.

The phase LY was recorded in October, except for the cvs Florio and Morettiana, which do not show yellow leaves in autumn. Leaf fall was recorded precociously for Morettiana, at the end of October for Female Cattaneo and generally in the first ten days of November for the other cvs.

Table II. Phenological calendar 2000.

Tableau II. Calendrier phénologique pour 2000.

Cultivar	Phenological phases								
	Bud swelling	Leaf bud opening	Flower bud opening	Full flowering	Flower withering	Green fruit	Ripe fruit	Leaf yellowing	Leaf falling
	Phases phénologiques								
	Gonflement des bourgeons	Ouverture des bourgeons foliaires	Ouverture des bourgeons de fleurs	Floraison complète	Flétrissure des fleurs	Fruits verts	Fruits mûrs	Jaunissement des feuilles	Chute des feuilles
<i>Female Cattaneo</i>	04.IV	11.IV	16.IV	19.IV	23.IV	25.IV	26.V	20.IX	26.X
<i>Male Cattaneo</i>	20.III	06.IV	09.IV	20.IV	27.IV	-	-	25.X	07.XII
<i>Florio</i>	01.IV	11.IV	16.IV	20.IV	27.IV	28.IV	04.VI	-	14.XII
<i>Morettiana</i>	04.IV	12.IV	18.IV	22.IV	27.IV	30.IV	04.VI	-	22.XI
<i>Ichinose</i>	01.IV	12.IV	19.IV	22.IV	29.IV	30.IV	01.VI	18.X	25.XI
<i>Kairyô</i>									
<i>Nezumigaeshi</i>	03.IV	12.IV	18.IV	21.IV	26.IV	28.IV	01.VI	26.IX	22.XI
<i>Kokusou Rosso</i>	27.III	09.IV	14.IV	17.IV	20.IV	22.IV	16.V	21.IX	24.XI
<i>Kokusou 20</i>	19.III	06.IV	10.IV	20.IV	27.IV	30.IV	30.V	18.X	15.XII
<i>Kokusou 21</i>	01.IV	12.IV	16.IV	21.IV	26.IV	27.IV	02.VI	16.X	16.XI

2. Phenology 2000:

The first cvs to show the phase BS were Kokusou 20 and Male Cattaneo, followed by Kokusou Rosso. Within the first five days of April even the other cvs resumed their activity after winter.

The phase LB (V2) in the year 2000 was shown in the same period than 1999, with only six days of spread. The presence of the first four leaves was nearly contemporary in all the cvs.

Male Cattaneo and Kokusou 20 were the first to show the phase FB (R1), followed approximately one week later by all the other cvs. The dates are very similar to 1999, showing five days of maximum discrepancy.

The phase FF was contemporary in all the cvs, but the time passed between phases R1 and R2 was remarkably diminished in 1999, except for the cv kokusou 20.

All the cvs bloomed one or two weeks sooner than in 1999. Flowering period was shorter than the year before, it did not last more than one week. The same thing happened also for the phase GF, which developed before and more quickly than in 1999. This shortening, the rapidity of the flowering

phases and of the appearance of the green fruits brought about the lengthening of the fruit ripening period in the year 2000, with five weeks instead of the three-four weeks of 1999, except for the cv Kokusou Rosso. The fruit ripening phase in 2000, although extended, was, in any case, antecedent regarding 1999, approximately two weeks before for the cv Female Cattaneo and Kokusou 20.

There is not a good correlation in the comparison between 1999 and 2000 for the dates regarding yellowing of leaves. Female Cattaneo and Kokusou Rosso yellowed their leaves earlier than in 1999. The tendency of the cvs Female Cattaneo, Kairyō nezumigaeshi and Kokusou Rosso to yellow before the others was confirmed.

Leaf fall was contemporary to 1999 in the cv Female Cattaneo and was remarkably delayed in the cvs male Cattaneo, Florio and Kokusou 20.

3. Phenology 2001:

The first cvs to show phase BS were the two Cattaneo and Florio, followed by Kokusou 21, Kokusou 20 and eventually by all the other cvs in one single week of March.

The phase LB was shown nearly contemporarily in all the cvs, in the last days of March; as in the previous years the cvs that showed an early BS phase needed more time to show leaf opening.

A good correlation with the two previous years is shown for the phase FB.

Table III Phenological calendar 2001.

Tableau III. Calendrier phénologique pour 2001.

Cultivar	Phenological phases								
	Bud swelling	Leaf bud opening	Flower bud opening	Full flowering	Flower withering	Green fruit	Ripe fruit	Leaf yellowing	Leaf falling
	<i>Phases phénologiques</i>								
	<i>Gonflement des bourgeons</i>	<i>Ouverture des bourgeons foliaires</i>	<i>Ouverture des bourgeons de fleurs</i>	<i>Floraison complète</i>	<i>Flétrissure des fleurs</i>	<i>Fruits verts</i>	<i>Fruits mûrs</i>	<i>Jaunissement des feuilles</i>	<i>Chute des feuilles</i>
<i>Female Cattaneo</i>	16.III	26.III	07.IV	20.IV	28.IV	29.IV	22.V	08.XI	01.XII
<i>Male Cattaneo</i>	16.III	25.III	11.IV	21.IV	27.IV	-	-	08.XI	24.XI
<i>Florio</i>	16.III	27.III	12.IV	21.IV	27.IV	01.V	08.VI	-	16.XI
<i>Morettiana</i>	21.III	25.III	22.IV	29.IV	02.V	05.V	01.VI	-	31.X
<i>Ichinose</i>	21.III	23.III	02.IV	19.IV	30.IV	04.V	28.V	29.XI	05.XII
<i>Kairyō</i>									
<i>Nezumigaeshi</i>	21.III	28.III	18.IV	25.IV	04.V	05.V	29.V	19.XI	03.XII
<i>Kokusou Rosso</i>	21.III	26.III	09.IV	17.IV	18.IV	24.IV	29.V	02.X	26.XI
<i>Kokusou 20</i>	20.III	26.III	07.IV	18.IV	30.IV	07.V	30.V	19.XI	06.XII
<i>Kokusou 21</i>	19.III	25.III	13.IV	19.IV	29.IV	03.V	03.VI	16.XI	26.XI

Table IV. Mean phenological calendar (1999-2001). / *Tableau I. Calendrier phénologique moyen (1999-2001).*

Cultivar	Phenological phases									
	Bud swelling	Leaf bud opening	Flower bud opening	Full flowering	Flower withering	Green fruit	Ripe fruit	Leaf yellowing	Leaf falling	
	<i>Phases phénologiques</i>									
	<i>Gonflement des bourgeons</i>	<i>Ouverture des bourgeons foliaires</i>	<i>Ouverture des bourgeons de fleurs</i>	<i>Floraison complète</i>	<i>Flétrissure des fleurs</i>	<i>Fruits verts</i>	<i>Fruits mûrs</i>	<i>Jaunissement des feuilles</i>	<i>Chute des feuilles</i>	
1. Female Cattaneo	Mean / <i>Moyenne</i>	84.37	96.67	104.63	114.07	120.33	124.13	148.7	284.13	311.2
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	7.98 E	8.37B	5.82 D	6.39 BC	7.13 E	9.27E	8.19D	24.12D	17.65 E
2. Male Cattaneo	Mean / <i>Moyenne</i>	79.53	91.1	98.87	112.83	121.43	-	-	300.8	324.87
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	3.93 F	6.19 F	3.19 G	3.16 C	6.22 D	-	-	14.94 A	15.02 C
3. Florio	Mean / <i>Moyenne</i>	87	95.17	105.77	112.8	121.03	125.5	159.73	-	326.13
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	8.17 CD	6.91CD	3.32CD	3.06 C	5.84D	8.31D	6.01A	-	16.31BC
4. Morettiana	Mean / <i>Moyenne</i>	89.8	96.23	110.07	116.43	123.1	127.47	155.13	-	312.87
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	7.2 A	8.67BC	2.42A	3.88A	5.51B	7.18AB	3.99B	-	11.27E
5. Ichinose	Mean / <i>Moyenne</i>	88.13	93.4	103	113.9	123.07	126.9	152.73	304.07	328.07
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	6 B	8.38E	8.04E	6.08 BC	5.01 B	6.74 BC	4.27C	23.23 A	10.86B
6. Kairyuu Nezumigaeshi	Mean / <i>Moyenne</i>	89.67	98.03	108.67	115.13	123.77	127.3	152.97	289.67	326.33
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	7.06A	7.39A	2.65B	4.43B	6.26A	8.41B	4.8C	23.8C	10.14 BC
7. Kokusou Rosso	Mean / <i>Moyenne</i>	86.43	93.37	102.33	110.33	113.8	118.97	146.5	272.3	324.13
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	6.2D	6.4E	2.36E	4.71D	6.55F	7.91F	7.99E	7.49E	7.97 C
8. Kokusou 20	Mean / <i>Moyenne</i>	80.43	92.7	100.9	109.73	122.47	128.07	154.57	300.67	333.77
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	2.95 F	6.05 E	3.93 F	2.25D	5.51BC	7.24 A	7.04 BC	15.84 A	16.12 A
9. Kokusou 21	Mean / <i>Moyenne</i>	87.67	94.9	106.83	113.4	122.17	126.33	154.33	295.47	321.67
	St. dev. / <i>Ecart type</i>	7.25 BC	7.63 D	3.79C	5.6C	6.95C	8.86 C	4.25BC	18.73B	8.78 D
Interaction Cv x Year		**	**	**	**	**	**	**	**	**

Values (average of 30 observations) followed by different letters are significantly different (Duncan's Multiple Range Test). / *Les valeurs (moyenne de 30 observations) suivies par différentes lettres présentent une différence significative (Test Multiple de Duncan). ** = Highly significant / Très significatif. P = 0.01.*

The first cv to show full flowering was Kokusou Rosso, followed gradually by the other Japanese cvs and later by the others; Morettiana and Kairyoz nezumigaeshi confirmed their being late in this phase. Flowering lasted from three to twelve days. The cv Morettiana, Florio, Kairyoz nezumigaeshi, Kokusou 21 and Female Cattaneo took the same amount of time as 1999, in order to pass from phase FB to full flowering. This fact could demonstrate that regular patterns of temperature, without the sudden changes that characterized the anthesis period of 2000, allow the cvs to show their own typical phenological behaviour, quite constant, even during the reproductive phases.

The phase GF shows similar dates to the previous year. The phase RF lasts about a month in all the cvs, the dates show a good correlation with the previous year; the correlation is not good for the last vegetative phases before winter LY and LF.

4. Statistical analysis:

In table IV the mean values of the three years of observations and their respective standard deviations are shown. The dates of appearance of the different phenological phases were transformed into numeric values (corresponding to the day of the year) by means of the software Microsoft Excel 2000. Different letters indicate significant differences among the values, according to the results obtained by means of the Duncan's Multiple Range Tests. The ANOVA outlined that the interactions among cvs and years are highly significant ($P = 0.01$) for the considered phenological phases, both for the vegetative and the reproductive ones. By means of these tests it was possible to outline a general phenological behaviour, characterizing and typical of every single cv.

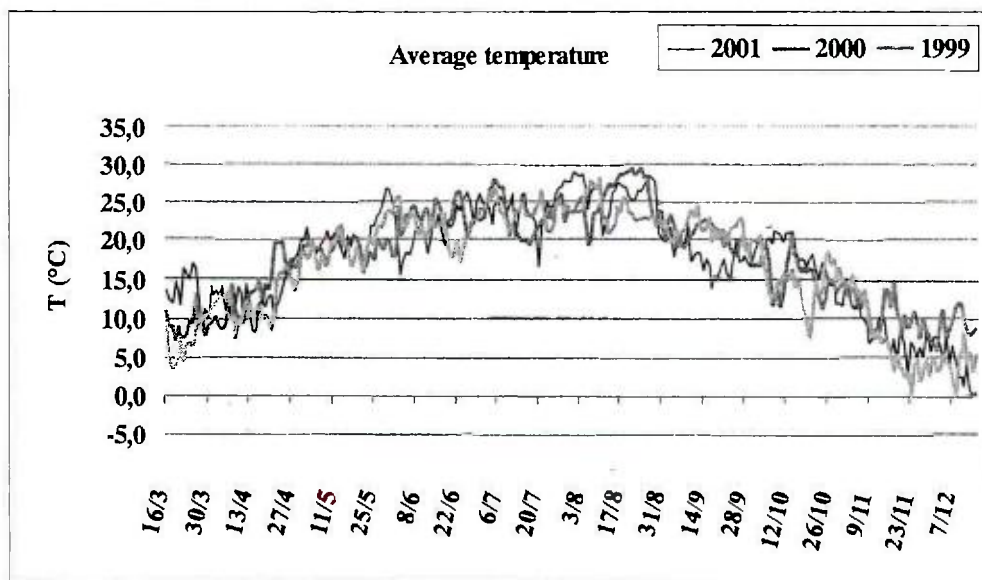


Fig. 1. Average temperature pattern, during the vegetative periods of the years 1999, 2000, 2001.

Fig. 1. Température moyenne, pendant les périodes végétatives en 1999, 2000 et 2001.

The cvs that showed the most constant behaviour in the first phenological phases were the two Cattaneo cvs (in particular Male Cattaneo) and Kokusou 20, which were always the first to open their buds, Morettiana and Kairyoku nezumigaeshi on the contrary were always the last ones to begin new activity after winter.

As far as the reproductive structures are concerned, the first cv to show the phase FB (R1) was Male Cattaneo, followed by Kokusou 20, Kokusou Rosso and Ichinose. The other cvs showed this phase later, the latest one was again Morettiana. While almost all the cvs showed full flowering after 6-10 days from the phase FB, Male Cattaneo took two weeks, to complete the first reproductive phase (R1) and reach the second one (R2). The flowering period is similar for almost all the cvs, lasting more or less one week, except for the cvs Kokusou Rosso (less than 3 days) and Kokusou 20 (about 13 days). All the cvs reached the phase GF 3-6 days after flower withering. Fruit ripening lasted three-four weeks: Kokusou Rosso was the first cv to show phase RF; the last one was Florio.

The phase LY was recorded for almost all the cvs in October. Leaf fall was recorded precociously for Female Cattaneo and Morettiana, and in the second half of November for the other cvs.

DISCUSSION

When comparing 1999 to 2000, the less variable phases seemed to be the first ones (from BS to FB), while between 2000 and 2001 the minor variations were shown only by the reproductive phases.

The raising of the spring average temperatures in the last years (figure 1) has remarkably affected the dates of appearance of the phase BS in the different cvs, not allowing to outline a clear distinction. As it is possible to observe, the sixteen days between the most precocious cv (Kokusou 20) and the latest one (Morettiana) in showing the phase BS in the year 2000, were reduced to only five days in 2001. The same thing happened in the LB phase.

Another interesting fact to notice is that, generally, the first cvs to show BS took about two weeks to reach phase LB, while cvs that had a delayed BS, spent only about one week to reach LB. This phenomenon resulted in a greater homogeneity in LB than in BS among the different cvs. In fact, the earliest cv showed BS about two weeks before the latest one; on the other hand, the earliest cv showed LB only about one week before the latest one. In other words, even if cvs began their vegetative development out of phase, they reached the end of this development almost in phase.

The precocity shown by the cvs Male Cattaneo and Kokusou 20 in the first vegetative phases is confirmed even for the first reproductive phase FB (R1); in this phase the delay of the cvs Morettiana and Kairyoku nezumigaeshi is also confirmed.

The good correlation revealed by the phases R1 and R2, suggests that the reproduction and in particular its beginning, the R1 phase, is more genetically determined, than the vegetative phases, which are more influenced by climate.

It seems therefore possible to assert, that climatic conditions (temperature in particular) influence the phases of full manifestation of biological phenomena (V3, V4, R2, R3, R4, R5), determining the length of the periods between a phenological phase and the successive one and causing increase or decrease of the productivity, in relationship to the phenotypical behaviour of the different mulberry cvs, in the different places in which they are cultivated. In this way the phenological study shows how a cv is suitable for cultivation in a specific region or climate.

The climate would influence the first phenological phases (V1, V2, R1) much less. Although the dates of these phases change, the chronological order with which they show the different phenological phases is generally (with some exceptions) respected.

The meteorological data are shown in figures 2 and 3. It is possible to notice how the day temperature during the flowering period in the year 2000 reached the maximum values of 27°-28°C; even night temperatures were higher than average. Similar temperatures did not characterize the flowering periods of 1999 and 2001.

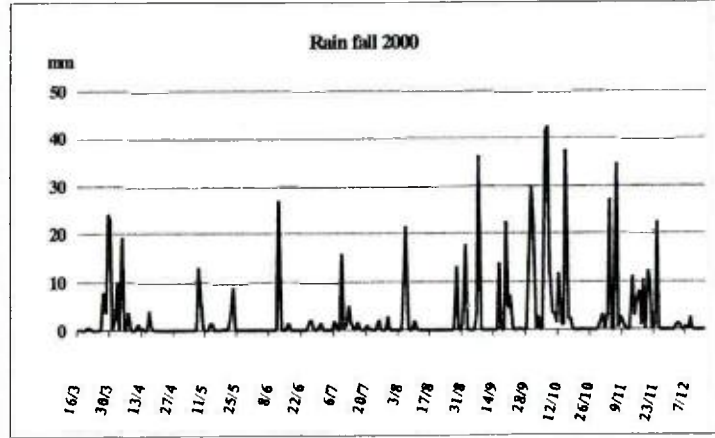
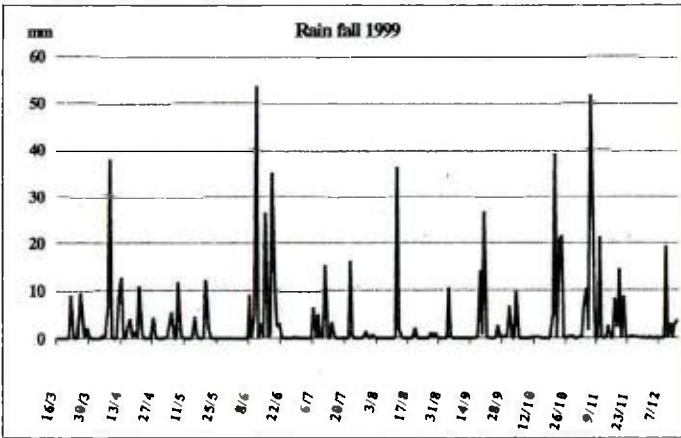
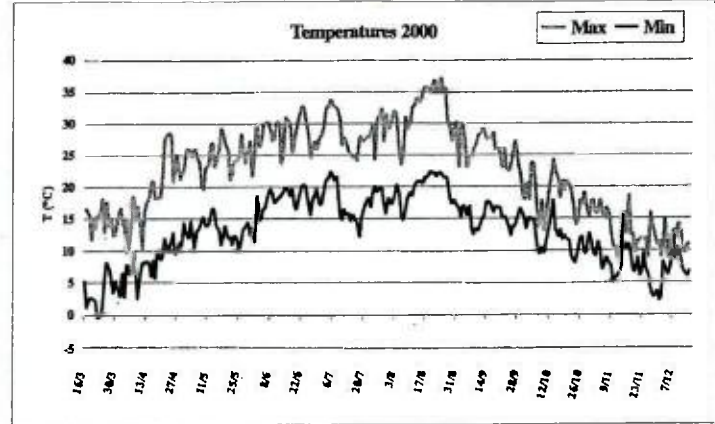
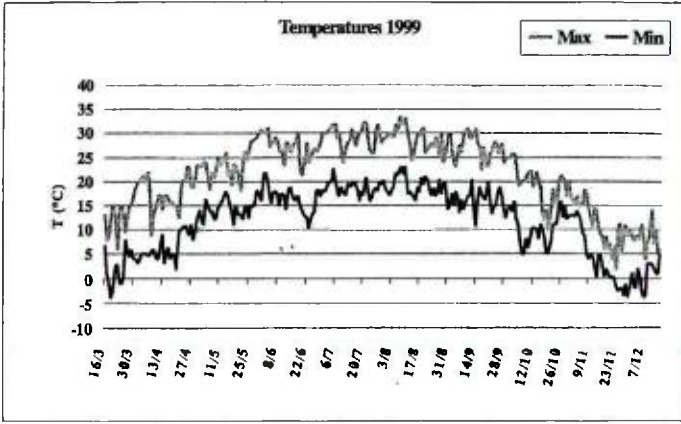


Fig. 2. Temperature and rainfall pattern during the vegetative periods of the years 1999 and 2000.

Fig. 2. Températures et précipitations pendant les périodes végétatives en 1999 et en 2000.

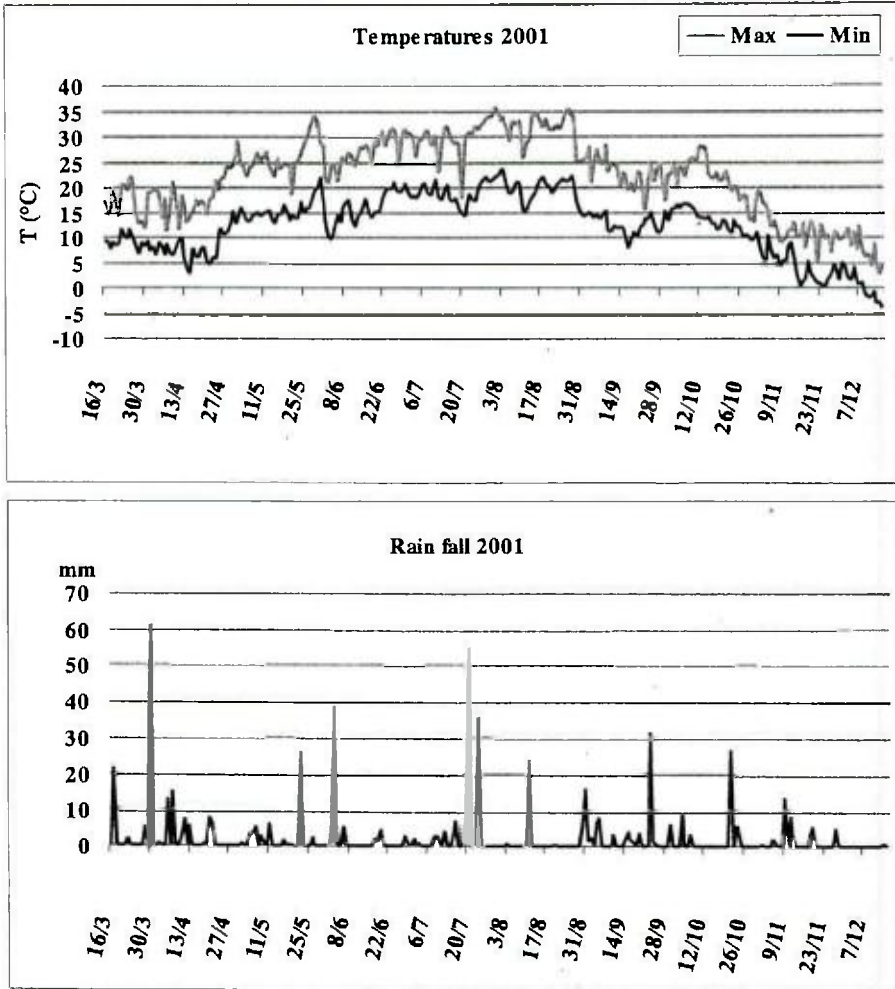


Fig. 3. Temperature and rainfall pattern during the vegetative period of the year 2001.

Fig. 3. Températures et précipitations pendant la période végétative en 2001.

The same above-described phenomenon, which interested V1 and V2 took place for R1 and R2. On average about twelve days constituted the gap between the earliest and the latest cv to enter FB. Nevertheless, this gap was reduced to only 7 days with respect to FF. A good synchronization between the cv. Male and Female Cattaneo is to be noticed, as Cattaneo is the only cv with separate sexes observed in this study.

The lengthening, in 2000, of the period of fruit ripening (on average 4-5 weeks against the 3-4 weeks of the other two years) can be related to the lack of rainfall in May. In the phases GF and RF of 1999 and 2001 there was three times as much rain and slightly higher mean temperatures.

The delay shown by some cvs in 2000 in the last phenological phase is linkable to the abundant rainfall of October and November, which did not occur in 1999. The result of the phases LY and LF in 2001 is different, autumnal rainfall was very scarce and the average temperatures even lower than the previous years, but the leaves fell later than 2000.

The dates recorded for the phase LY are dissimilar in the different years, what is rather constant on the contrary, is the chronological order of the different cvs showing this phase: the first ones are always Female Cattaneo, Kokusou Rosso followed by Kokusou 20, 21, Ichinose etc., with little differences, due often to early frost.

The cadence and quantity of autumnal rain, wind intensity, the first autumn frost and in mulberry in particular, the possibility of attack by the pathogen *Septogloeum mori* Briosi and Cav. (Rangaswami *et al.*, 1976), which causes the early fall of leaves, are all factors which contribute to the variability of the phase LF and make a precise comparison difficult.

Generally Italian cvs have a slightly more regular pattern than Japanese ones.

The phenological phases that vary less are the R1, R2, and R5, while those most variable are the autumnal phenological phases V5 and V6. The reproductive phenological phases turned out to be less variable than the vegetative ones, whose phenological pattern depends more on climatic influence. On the contrary flowering is more genetically influenced.

The tests carried out show that it is possible to distinguish the cvs. by means of their phenological behaviour: the order of the cv from the earliest to the latest with respect to their annual phenological behaviour can be generally estimated as the following: Male Cattaneo, Kokusou Rosso, Female Cattaneo, Florio, Kokusou 21, Ichinose, Kairyō nezumigaeshi, Morettiana and Kokusou 20. Moreover, the significant interaction between cvs and years means that the mulberry can regulate the occurrence of its phenological phases, in accordance to the environmental inputs in addition to its endogenous clock. Some compensation between the lengths of the different steps belonging to the vegetative and reproductive phases seem to take place, so that the various cvs become quite synchronized. This phenomenon could be linked to the extreme genetic variability of the genus *Morus*; in fact, cross fecundation between different species of the genus and different cvs. of the same species are very likely to take place.

The cv., which showed absolutely the most constant phenological behaviour, was Kairyō nezumigaeshi.

CONCLUSIONS

In the period 1999-2001 we examined the phenological pattern of nine cvs of *Morus sp. pl.*, five Italian and five Japanese.

A method of study and a phenological key for mulberry, a plant relatively less studied in modern times, because of the Italian and European decay of moriculture in order to produce silk, was devised. An annual series of the most important vegetative and reproductive stages (the phenological phases) was recorded.

The variation in days of the phenological events from one year to another was analysed. The common tendency, during the three years, was an always greater advance of the beginning of new vegetative activity after winter every year. From the meteorological point of view, the constant increase of the spring average temperatures of one °C every year, from 1999 to 2001, caused an anticipation of flowering, with respect to leaf emission in the last two years.

In the mulberry the first phenological phases (V1, V2, R1, R2) were the most regular ones and therefore the less linked to climate, which seems to determine more the length of a phenological phase than to induce directly the start of leaf emission or of flowering. Consequently it is possible to suppose that the start of vegetation and reproduction is determined by other environmental and climatic factors, different from the temperature, such as the photoperiod, rain-fall (water availability) or global

radiation and moreover that an inner control exists inside the plant, which avoids an anticipated start of vegetative development.

Given this complexity of defining the exact environmental factors inducing vegetal development, it is certainly decisive to continue the annual activity of recording the phenological phases and to put them in relationship with climatic parameters. This allows the realization of complete databases, to know how the environment influences the specific nature of mulberry cvs. It will also be possible to value how a "commercial" cv, is suitable for cultivation in determined regions or climates, realizing the greatest productivity.

REFERENCES

- BAGGIOLINI M. (1952) Les stades repérés dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. Rev. Romande Agr. Viticult. Arboricult. 1: 1-46.
- BEDOSTI B. (1987) Osservazioni fenologiche, organizzazioni e metodi. L'Italia Agricola 123(4): 107-117.
- CAPPELLOZZA L. (1988) La gelsibachicoltura si rinnova. Terra e Vita, 29(26): 39-42.
- CAPPELLOZZA L. (1990) Verso una gelsicoltura specializzata. Not. ENEA Renagri 14: 54-63.
- CAPPELLOZZA L., CORADAZZI A., T. TORNADORE N. (1995) Studies on the phenotypic variability of seven cultivars of *Morus alba* L. and three of *Morus multicaulis* P. (Moraceae) Part I. Sericologia 35(2): 257-270.
- CAPPELLOZZA L. (1999) Prospettive per la gelsi-bachicoltura italiana. Atti Accad. Naz. Ital. Entomol. Rendiconti, Anno XLVII.
- CLERICI F. (1909) Bachi da seta e gelsi. Bemporad R. e figlio.
- CORTI R. (1980) Fitofenologia, ritmi esogeni e ritmi endogeni: definizioni, rilevamenti, applicazioni. Inform. Bot. Ital. 12: 349-352.
- FUSCHINI C. (1932) Bachicoltura – Gelsicoltura – Cenni su alcuni bruchi sericigeni selvatici. Torinese ed., Torino.
- LEE D.K. (1981) Biomass products as an Energy Source. J. Nat. Acad. Sci., Korea Nat. Sci. Series 19: 239-253.
- LOMBARDI P.L. (1964) Cultivar di *Morus alba* e *M. nigra* esistenti nella stazione agraria sperimentale di Ascoli Piceno. In Annuario della Stazione Bacologica Sperimentale "E. Verson" di Padova (Lombardi P. L. ed.), 52: 387-393.
- MALASSINI A. (1993) Procedure per il rilevamento fenologico dei giardini italiani. Ass. Agr. Reg. Emilia Romagna, Bologna.
- MARCELLO A. (1951) Cicli fenologici nell'ambiente e loro rilevamento. N. Giorn. Bot. Ital. 58(3-4): 504-514.
- MARCELLO A. (1954) La nuova fenologia. Ann. Accad. Ital. Sci. Forest., pp. 109-132.
- MASOTTI M., COLUGNATI G., PETERLUNGER E., BULFONI D. (2000) Influenza del clima e del suolo sul comportamento fenologico di alcuni vitigni nelle Grave pordenonesi. Not. ERSA 5: 18-30.
- OSBORNE C.P., CHUINE I., VINER D., WOODWARD F.I., (2000) Olive phenology as a sensitive indicator of the future climatic warming in the Mediterranean. Plant. Cell. Environ. 23: 701-710.
- PUPPI G. (1993) Criteri per il rilevamento fenologico: angiosperme. In Procedure per il rilevamento fenologico nei giardini italiani (Malossini A. ed.), pp. 29-40.
- RANGASWAMI G., NARASIMHANNA M. N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C. R., JOLLY S. (1976) Manual on sericulture. Agric. Serv. Bull., 15: 68-82.
- REALI G. (1990) Il mercato mondiale della seta. Agricoltura e Innovazione (Notiziario dell'ENEA e di RENAGRI), Dossier: La seta, Aprile-Giugno, 14: 80-87.
- REALI G., MENEGHINI A., TREVISAN M. (1985) Bachicoltura moderna. Edagricole, Bologna.
- SANCHEZ M. D. (2002) World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. In Mulberry for animal production (Sanchez M. D. ed.), Proc. Electron. Conf. May-August 2000. Fao Anim. Prod. Health Pap. 147: 1-10.

- SARTORI A., VITELLOZZI F., GRASSI F., DELLA STRADA G., FIDEGHELLI C. (eds.) (2001) Le Risorse Genetiche Vegetali presso gli IRSA. Arboree 1, pp.631-638.
- SASTRY C. R. (1984) Mulberry varieties, Exploitation and Pathology. Sericology 24(3): 333-359.
- SCARAMELLA P., RICCI A. (1986) Rapporto tra clima e ritmo di accrescimento in *Olea europaea* L. di diverse aree mediterranee. Atti I Colloq.: Approcci metodologici per la definizione dell'ambiente fisico e biologico Mediterraneo, pp. 213-223.
- SCHIRONE B. (ed.) (1986) Metodi di rilievo e di rappresentazione degli stadi fenologici. Quad. metod. 12: 71-93.
- TIKU A. K., BINDROO B. B., PANDIT R. K. (1988) Flowering process and anthesis of mulberry under temperate climatic conditions (Kashmir valley). Sericologia 28(1): 49-56.
- TORNADORE N., TODARO A., RIZZATO M. (1999) Prime osservazioni sull'olivo (*Olea europaea*) dei Colli Euganei (Padova). In Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri (Bon M., Sburlino G., Zuccarello V. eds.). Arsenale editrice, Venezia.
- TURRI S., INTIERI C. (1986) Fenologia e climatologia applicata alla *Vitis vinifera*. In Metodi di rilievo e di rappresentazione degli stadi fenologici (Schirone B. ed.). Quad. metod. 12: 71-93.
- VALENZIANO S. (1983) Indagini sinfenologiche in sistemi naturali e piantagioni a finalità produttive: motivazioni e problematiche. Inform. Bot. Ital. 15: 245-248.
- VALENZIANO S. (1986) Osservazioni su ritmi endogeni ed esogeni in clima Mediterraneo. Atti I Colloq.: Approcci metodologici per la definizione dell'ambiente fisico e biologico Mediterraneo 213-223, Ed. Orantes, Lecce.
- VALLESE F. (1912) Il gelso. Francesco Battiato, Catania.
- VENEROSO A. (1943). Brevi cenni di gelsicoltura. SEI, Torino.
- ZANIER C. (1998) La sericoltura europea di fronte alla sfida asiatica: la ricerca di tecniche e pratiche estremo-orientali (1825-1850). Società e Storia 11: 23-52.

VARIABILITE PHENOLOGIQUE DE QUELQUES CULTIVARS DE MURIER (*MORUS* SP. PL.) A PADOUE (NORD-EST DE L'ITALIE) EN RELATION AVEC LE CLIMAT : 1999-2001

M. BIASIOLO¹, L. CAPPELLOZZA², S. CAPPELLOZZA², V. CARDILLO³ & N. TORNADORE

1. Sezione Geobotanica, Dipartimento di Biologia, Università di Padova, V. G. Colombo 3, 35121 - Padova, Italie.
2. Sezione Specializzata per la Bachicoltura di Padova, Istituto Sperimentale Zoologia Agraria, Via dei Colli, 28, 35143 Padova, Italie.
3. Dipartimento dei Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova, via Romea 16, 35020 Legnaro (Padova), Italie.

*Dans le cadre d'un projet de recherche intitulé " Nouvelles technologies pour la relance de la moriculture et de la sériciculture italienne " financé par le Ministère des Politiques Agricoles et Forestières, nous avons examiné de 1999 à 2001 la structure phénologique de quatre cultivars italiens et de cinq cultivars japonais de *Morus* sp. pl. cultivés dans la Section de Sériciculture Spécialisée de l'Experiment Institute for Agricultural Zoology, à Padoue.*

On a conçu un référencier phénologique, spécifique au mûrier et s'appuyant sur les séquences annuelles concernant les étapes végétatives et reproductives les plus importantes.

Il a été possible d'estimer la constance ou la variabilité de la structure phénologique chez les différents cultivars en comparant les calendriers phénologiques, enregistrés au cours des trois années de l'étude. En établissant un lien entre leur comportement et les données météorologiques, on a aussi examiné l'influence du climat et en particulier de la température sur les étapes phénologiques.

Sur cette période de trois ans, on a observé une précocité de plus en plus importante de la nouvelle activité végétative après l'hiver, provoquée par l'augmentation constante des températures au printemps de 1999 à 2001, avec une précocité de la floraison par rapport à l'apparition des feuilles pendant les deux dernières années.

INTRODUCTION

De 1999 à 2001, on a examiné la structure phénologique de neuf cultivars (cvs) de *Morus* sp. pl. à la " Section de Sériciculture Spécialisée " de l'Experiment Institute for Agricultural Zoology de Padoue. Les travaux effectués jusqu'à aujourd'hui font partie d'un projet de recherche plus large, intitulé " Nouvelles technologies pour la relance de la moriculture et de la sériciculture italiennes " financé par le Ministère Italien des Politiques Agricoles et Forestières. Les cvs. font partie d'une collection variétale importante de mûriers de l'Institut constituée par environ cinquante cvs de *Morus* appartenant à différentes espèces (Sartori et coll., 2001).

Dans la littérature scientifique, il n'existe pas d'accord sur le nombre exact d'espèces appartenant au genre *Morus* L. Malheureusement, aucune étude systématique homogène n'a jamais été entreprise chez le mûrier.

Depuis des temps reculés, on cultive le mûrier pour nourrir les vers à soie de manière à produire la précieuse fibre de soie à partir de leurs cocons. Parmi les pays européens, l'Italie a toujours été un important producteur de cocons et de soie grège. Néanmoins, la disparition complète de la production d'œufs de vers à soie et des usines de dévidage, en plus de la raréfaction très importante de l'élevage du ver à soie a marqué le déclin dramatique de la sériciculture, avec une production de cocons de plus en plus faible, par comparaison aux 53 000 tonnes de cocons, produits dans la première décennie du vingtième siècle (Reali, 1990).

A partir de 1930, de nombreux facteurs différents tels que les importations bon marché en provenance de l'Extrême Orient, la diffusion des fibres synthétiques comme la rayonne, le manque de réorganisation et de rénovation dans des secteurs variés de la sériciculture, ont fait baisser la disponibilité en main d'œuvre rurale et finalement, les taxes et l'augmentation des charges de production se sont traduits par un revenu insuffisant pour les éleveurs de vers à soie et par le déclin consécutif de la culture du mûrier (Cappelozza, 1999).

Comme le mûrier était traditionnellement cultivé en association avec les vignes ou d'autres cultures arboricoles il représentait un obstacle à la modernisation et à la mécanisation des pratiques agricoles et il a donc été l'une des premières plantes à être éliminée.

De nos jours, la moriculture et la sériciculture offrent de nouveaux débouchés importants qui leur permettent de devenir un choix productif rentable (Zanier, 1998). Ces activités, alternatives aux cultures agricoles traditionnelles contribuent à différencier la production et à amender les sols caractérisés par des productions surabondantes et non rémunératives, qui sont aujourd'hui fortement pénalisées au niveau de l'Union Européenne.

L'Union Européenne a directement soutenu la production de cocons et a apporté des fonds pour encourager la renaissance, la réorganisation et le renforcement de la mori-sériciculture, comme l'une des productions " non alimentaire " et non surabondante (Cappelozza, 1999).

On pourrait mettre au point une nouvelle technique de culture du mûrier pour utiliser le mûrier à des fins multiples et produire :

- de la soie : La politique chinoise des prix vise à obtenir un contrôle complet (un monopole) du marché international. Plus particulièrement, les vêtements de soie sont vendus en dessous de leur coût réel de production pour laisser les concurrents (en particulier les entreprises européennes) à l'écart du marché. On peut facilement prévoir que le prix de la soie grège variera en fonction des plans de développement du gouvernement chinois plutôt que sur la base des lois du marché libre. Une petite partie de la production de soie grège européenne peut avoir un rôle de dissuasif et répondre aux productions régionales typiques.

- des fibres de cellulose : on peut utiliser le mûrier pour produire des fibres biodégradables, écologiques, similaires au plastique pour différentes utilisations.

- du bois : le bois de mûrier est très flexible et élastique et on pourrait l'exploiter pour produire des équipements de sport particuliers, par le passé ce bois a aussi été utilisé pour produire des meubles, des tonneaux et des cordes.

- des fruits : fruits frais, confitures, compotes, gâteaux, glaces, jus de fruit faits à partir du mûrier, ils représentent une opportunité pour les entreprises agro-alimentaires intéressées par le lancement de nouveaux produits naturels et sains.

- du fourrage : la feuille de mûrier est une nourriture dont la valeur nutritive est reconnue pour le bétail (en particulier les petites espèces) et les poissons (Sanchez, 2002).

- des matières organiques : les dérivés des résidus de l'alimentation du ver à soie pourraient être utilisés comme engrais naturels.

- aménagement paysager : en raison de sa bonne résistance à la taille et de ses faibles besoins en eau (Sanchez, 2002) le mûrier pourrait contribuer au reboisement des sols pauvres et réfréner les émissions de CO₂ dans l'atmosphère.

- de l'éthanol : le traitement de la sciure de bois avec de l'acide péracétique pour obtenir de l'éthanol offre des possibilités prometteuses. La conversion de la biomasse du mûrier en combustibles est réalisable sur le plan économique (Lee, 1981).

Le mûrier ne doit donc pas être nécessairement lié à la production de soie. En fait, au cours de ces vingt dernières années, la culture du mûrier s'est considérablement étendue dans le monde entier indépendamment de l'élevage du ver à soie. Comme c'est une plante qui s'adapte et résiste aux parasites, le mûrier ne demande pas de soins particuliers.

La culture du mûrier apporte un renouveau aux sols pauvres et de plus, cette activité diminue les risques de glissements de terrain, puisque ces plantes développent leurs faisceaux de racines de manière remarquable et peuvent être aussi cultivées sur des terrains pauvres, pas assez fertiles et avec une pente supérieure à 30-40 %, qui ne sont pas adaptés à d'autres cultures plus exigeantes.

Les cvs étudiés sont les suivants :

Groupe italien :

1) et 2) Cattaneo (femelle et mâle), (*Morus alba* L.) : cvs introduits en Italie en 1865 par Gottardo Cattaneo (Vallese, 1912 ; Veneroso, 1943).

2) Florio, (*Morus alba* L.) : cv très courant dans le Frioul-Vénétie-Giulia et aussi partiellement diffusé dans la Vénétie par le passé, sa culture est aujourd'hui aussi répandue dans le sud de l'Italie (régions de la Basilicate et de la Calabre) (Fuschini, 1932).

3) Morettiana, (*Morus alba* L.) : en 1815 Giuseppe Moretti, Professeur à l'Université de Pavie, agronome et botaniste a obtenu ce cv à partir de graines importées d'Inde. C'est l'un des cvs les plus courants dans le nord de l'Italie (Clerici, 1909, Veneroso, 1943).

Groupe japonais :

1) Ichinose, (*Morus alba* L.) cv importé du Japon en Italie entre 1950 et 1960 (Lombardi, 1964 ; Reali et coll., 1985).

2) Kairyô nezumigaeshi (*Morus alba* L.) : cv importé du Japon en Italie, à la même période que l'autre, très similaire à Ichinose, il a des internœuds plus longs et un bois plus foncé (Lombardi, 1964 ; Reali et coll., 1985).

3) Kokusou Rosso, (*Morus latifolia* P.) : cv dérivé spontanément de Kokusou 20 à la Section Spécialisée de Padoue ; ses pousses sont typiquement violine ("Rosso" signifie rouge). En raison de la bonne qualité de ses feuilles, on a reproduit ce cv pour l'utiliser dans le but de nourrir le ver à soie (Cappelozza et coll., 1995).

4) Kokusou 20 et 21 (*Morus latifolia* P.) : cv très semblables, avec des feuilles géantes, ils ont été importés vers l'Italie en 1954 et sont surtout cultivés dans la Vénétie (Sastry, 1984 ; Reali et coll., 1985 ; Cappelozza, 1990).

MATERIELS ET METHODES

On a obtenu les plants de mûrier, cultivés à la Section Séricicole Spécialisée de Padoue, grâce à une multiplication végétative (boutures) et ils sont homogènes en ce qui concerne leur âge (10 ans) l'espace entre les rangs est de 3 m et entre les pieds de 1 m (3 300 plants / ha). La méthode de conduite utilisée est " la taille moyenne ", c'est à dire que la hauteur de la taille est d'environ 100 cm au-dessus du niveau du sol.

En général on procède à la taille au printemps (de mai à juin) mais pendant toute la durée de l'expérience les branches observées n'ont pas été taillées. On a cultivé la mûraie avec la méthode de " culture propre " en retirant mécaniquement les mauvaises herbes. On distribue l'engrais azoté selon les doses suggérées (Cappelozza, 1988) à la fin de l'hiver tandis qu'on a recours à un amendement biologique en labourant l'herbe avec les résidus de la litière des vers à soie en été. Les plants sont arrosés par les pluies.

Méthodes d'analyse phénologique :

Pour chaque cv, on sélectionne dix plants au hasard.

- Pour chaque plant choisi, on enregistre les étapes phénologiques chez certaines pousses végétatives et reproductives (situées au centre sur une branche individuelle et à une hauteur intermédiaire sur l'arbre).

Les données recueillies concernent plus d'une pousse, pour éviter la possibilité de perdre des échantillons à cause des oiseaux, des cassures accidentelles ou de la pluie, qui entraînent la chute des pousses immatures. De cette manière, il est possible de réaliser correctement l'étude phénologique.

On réalise les observations sur les plants une fois par semaine ou plus fréquemment pendant la période reproductive, quand presque tous les changements quotidiens sont visibles, en raison de l'influence de la température. On considère l'achèvement de la pousse et de chaque phase successive, d'après les suggestions de l'*International Board for Plant Genetic Resources*, c'est à dire quand 50 % des unités fonctionnelles sélectionnées ont atteint la phase considérée (Schirone, 1986).

Le référencier phénologique, utilisé dans cette expérience, est constitué d'une succession d'étapes phénologiques correspondant aux étapes végétatives (V) ou reproductives (R) les plus importantes, comme le montre la liste ci-dessous (les abréviations suivent les noms des étapes phénologiques auxquelles elles se réfèrent) :

- Gonflement des bourgeons = BS (V1) : les bourgeons (les feuilles et les fleurs ne se distinguent pas les uns des autres pendant cette phase) gonflent clairement et ils commencent une nouvelle activité de croissance après la période de l'hiver.

- Ouverture des bourgeons foliaires = LB (V2) : les bourgeons végétatifs s'ouvrent, des petites feuilles jeunes sont visibles.

- Ouverture des bourgeons de fleurs = FB (R1) : les bourgeons reproductifs s'ouvrent et la floraison commence. Cette phase ne suit pas nécessairement les précédentes, les températures du printemps au-dessus de la moyenne peuvent faire commencer l'anthèse avant l'apparition de la feuille.

- Floraison complète = FF (R2) : floraison complète des fleurs femelles et / ou mâles.

- Flétrissure des fleurs = FW (R3).

- Fruits verts = GF (R4).

- Fruits mûrs = RF (R5).

- Jaunissement des feuilles = LY (V5) : tous les cvs ne présentent pas cette phase.

- Chute des feuilles = LF (V6).

Malheureusement, il n'existe pas de référencier phénologique spécifique au mûrier, la méthode employée a donc été conçue, en consultant les travaux de plusieurs auteurs (Marcello, 1951 ; Baggiolini, 1952 ; Marcello, 1954 ; Corti, 1980 ; Valenziano, 1983 ; Scaramella et Ricci, 1986 ; Turri et Intieri, 1986 ; Valenziano, 1986 ; Bedosti, 1987 ; Tiku et coll., 1988 ; Malassini, 1993 ; Puppi, 1993 ; Tornadore et coll., 1999 ; Masotti et coll., 2000 ; Osborne et coll., 2000), concernant l'analyse phénologique chez d'autres plantes à rendement telles que l'olivier, la vigne et les plantes à fruits.

En comparant les trois calendriers phénologiques, il est possible d'estimer quels cvs maintiennent le comportement phénologique le plus constant au cours des trois années ; d'autre part, en comparant leurs dates d'apparition, on évalue quelles sont les étapes phénologiques les moins variables. On transforme les données concernant les catégories (jour du mois quand on observe un événement phénologique) en données numériques selon la procédure automatisée réalisée par le logiciel Microsoft Excel 2000.

On procède à l'Analyse de variance à deux facteurs (ANOVA) sur les données enregistrées au moyen du logiciel Cohort Costat, dans le but de tester la relation entre les cvs et l'interaction entre un cv unique et une année. On procède à un Test de l'intervalle multiple pour tester la signification des différences moyennes parmi les différents cvs au cours des trois années.

Les données météorologiques sont fournies par le Jardin Botanique de l'Université de Padoue.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Phénologie en 1999 :

Les dates enregistrées pour les étapes phénologiques pendant les trois années d'observation sont présentées dans les Tableaux I, II et III ; on les obtient en calculant la moyenne pour les dix dates enregistrées chez les dix plants sélectionnés pour chaque cv.

Les premiers cvs à atteindre la phase BS après la période de l'hiver sont les mâles et femelles Cattaneo et Kokuso 20. Les autres cvs atteignent cette première phase approximativement une semaine plus tard ; le dernier étant Kairyô nezumigaeshi.

Trois à quatre jours plus tard le premier bourgeon foliaire s'ouvre chez Florio, Ichinose et Kokusou 21 tandis qu'il faut 8 à 12 jours aux autres cvs pour atteindre cette phase, sauf pour Cattaneo Femelle, qui est le plus lent.

En avril, tous les cvs présentent la phase LB (V2) en environ onze jours, en général les feuilles des premiers cvs qui atteignent la phase V1 s'ouvrent plus lentement.

En ce qui concerne les structures de reproduction, le premier cv à présenter la phase FB (R1) est le mâle Cattaneo, suivi une semaine plus tard par Kokusou Rosso et Kokusou 20. Les autres cvs présentent cette phase plus tard, le dernier étant Kokusou 21.

Morettiana, Kokusou 20 et 21, Kairyô nezumigaeshi et Florio présentent une floraison complète 7 à 9 jours après la phase FB. Il faut environ deux semaines aux autres cvs sauf à Cattaneo Mâle, qui est le plus lent et à qui il faut trois semaines. En général, les fleurs mâles précèdent les fleurs femelles. La floraison dure deux semaines avant la flétrissure, sauf chez les cvs Kokusou Rosso et Cattaneo Femelle (une semaine) et Kokusou 20 (trois semaines).

Tous les cvs présentent des fruits environ 6 à 10 jours après la flétrissure des fleurs femelles. La maturation du fruit dure trois ou quatre semaines : le premier cv à présenter la phase RF est Kokusou Rosso et le dernier est Florio.

On enregistre la phase LY en octobre, sauf pour les cvs Florio et Morettiana, qui ne présentent pas de jaunissement des feuilles en automne. On enregistre une chute des feuilles précoce pour Morettiana, à la fin octobre pour Cattaneo femelle et en général dans les dix premiers jours de novembre pour les autres cvs.

2. Phénologie en 2000 :

Les premiers cvs à présenter la phase BS sont Kokusou 20 et Cattaneo Male, suivis par Kokusou Rosso. Au cours des cinq premiers jours d'avril les autres cvs reprennent également leur activité après l'hiver.

En 2000, la phase LB (V2) a lieu à la même période qu'en 1999 et dure seulement six jours. La présence des quatre premières feuilles est presque simultanée chez tous les cvs.

Le Cattaneo mâle et Kokusou 20 sont les premiers à présenter la phase FB (R1), suivis approximativement une semaine plus tard par tous les autres cvs. Les dates sont très similaires à celles de 1999, avec un écart de cinq jours au maximum.

La phase FF est simultanée chez tous les cvs, mais la durée entre les phases R1 et R2 diminue de manière remarquable en 1999, sauf pour le cv Kokusou 20.

Tous les cvs fleurissent une ou deux semaines plus tôt qu'en 1999. La période de floraison est plus courte que l'année précédente, elle ne dure pas plus d'une semaine. La même chose se produit pour la phase GF, qui a lieu avant et plus rapidement qu'en 1999. Ce raccourcissement, la rapidité des phases de floraison et l'apparition des fruits verts entraînent l'allongement de la période de maturation des fruits en 2000, avec cinq semaines au lieu des trois à quatre semaines en 1999, sauf pour le cv Kokusou Rosso. La phase de maturation des fruits en 2000, bien qu'elle s'allonge est dans tous les cas, antérieure à celle de 1999, approximativement deux semaines avant pour les cvs Cattaneo femelle et Kokusou 20.

Il n'y a pas une bonne corrélation entre 1999 et 2000 pour les dates concernant le jaunissement des feuilles. Les feuilles de Cattaneo femelle et de Kokusou Rosso jaunissent plus tôt qu'en 1999. La tendance des cvs Cattaneo femelle, Kairyô nezumigaeshi et de Kokusou Rosso à jaunir avant les autres est confirmée.

La chute des feuilles a lieu qu'en même temps qu'en 1999 chez le cv Cattaneo Femelle et est remarquablement retardée chez les cvs Cattaneo mâle, Florio et Kokusou 20.

3. Phénologie en 2001 :

Les premiers cvs à présenter la phase BS sont les deux Cattaneo et Florio, suivis par Kokusou 21, Kokusou 20 et finalement par tous les autres cvs en une seule semaine en mars.

La phase LB s'avère presque simultanée chez tous les cvs, pendant les derniers jours de mars ; les années précédentes les cvs qui présentent une phase BS précoce ont besoin de plus de temps pour que leurs feuilles s'ouvrent.

On observe une bonne corrélation avec les deux années précédentes pour la phase FB.

Le premier cv à présenter une floraison complète est Kokusou Rosso, suivi progressivement par les autres cvs japonais et plus tard par les autres ; Morettiana et Kairyô nezumigaeshi confirment qu'ils sont tardifs dans cette phase. La floraison dure de trois à douze jours. Les cvs Morettiana, Florio, Kairyô nezumigaeshi, Kokusou 21 et Cattaneo Femelle prennent la même durée qu'en 1999, pour passer de la phase FB à la floraison complète. Cela pourrait prouver que des profils réguliers de températures, sans changements soudains qui caractérisent la période de l'anthèse en 2000, permettent aux cvs de présenter leur comportement phénologique typique, assez constant, même pendant les phases de reproduction.

La phase GF s'effectue à des dates similaires à celles de l'année précédente. La phase RF dure environ un mois chez tous les cvs, les dates présentent une bonne corrélation avec l'année précédente, la corrélation n'est pas bonne pour les dernières phases végétatives du LY et du LF avant l'hiver.

4. Analyse statistique :

Le tableau IV présente les valeurs moyennes pour les trois années d'observations et leurs écarts types respectifs. Les dates d'apparition des différentes phases phénologiques sont transformées en valeurs numériques (correspondant aux jours de l'année) au moyen du logiciel Microsoft Excel 2000. Les différentes lettres indiquent des différences significatives entre les valeurs, selon les résultats obtenus au moyen des Tests d'intervalle multiple de Duncan. L'ANOVA souligne que les interactions parmi les cvs et les années sont très significatives ($P = 0,01$) pour les phases phénologiques considérées, à la fois pour les phases végétatives et les phases reproductives. Au moyen de ces tests, il est possible de souligner un comportement phénologique général, caractérisant chaque cv.

Les cvs qui présentent le comportement le plus constant pendant les premières étapes phénologiques sont les deux cvs Cattaneo (en particulier Cattaneo mâle) et Kokusou 20, qui sont toujours les premiers à ouvrir leurs bourgeons, Morettiana et Kairyô nezumigaeshi au contraire sont toujours les derniers à commencer leur activité après l'hiver.

En ce qui concerne les structures reproductives, le premier cv à présenter la phase FB (R1) est Cattaneo mâle, suivi par Kokusou 20, Kokusou Rosso et Ichinose. Les autres cvs présentent cette phase plus tard, le dernier étant encore Morettiana. Tandis que presque tous les cvs présentent une floraison complète 6 à 10 jours après la phase FB, Cattaneo mâle prend deux semaines pour achever la première phase de reproduction (R1) et atteindre la deuxième (R2). La période de floraison est semblable pour presque tous les cvs, et dure plus ou moins une semaine sauf pour les cvs Kokusou Rosso (moins de 3 jours) et Kokusou 20 (environ 13 jours). Tous les cvs atteignent la phase GF 3 à 6 jours après la flétrissure des fleurs. La maturation des fruits dure trois à quatre semaines : Kokusou Rosso est le premier cv à présenter une phase RF, le dernier est Florio.

On enregistre la phase LY pour presque tous les cvs en octobre. On enregistre une chute des feuilles précoce pour Cattaneo femelle et pour Morettiana et dans la deuxième semaine de novembre pour les autres cvs.

DISCUSSION

Quand on compare 1999 à 2000, les phases les moins variables semblent être les premières (de BS à FB) tandis qu'entre 2000 et 2001 on observe des variations mineures seulement pour les phases de reproduction.

L'augmentation des températures moyennes du printemps ces dernières années (figure 1) a eu un effet remarquable sur les dates d'apparition de la phase BS chez les différents cvs, ne permettant pas de faire de distinctions claires. Comme on peut l'observer, les seize jours d'écart entre le cv le plus précoce (Kokusou 20) et le plus tardif (Morettiana) pour la phase BS en 2000, passent à cinq jours en 2001. La même chose se produit pour la phase LB.

Un autre fait intéressant à remarquer est qu'en général les premiers cvs à présenter la phase BS prennent environ deux semaines pour atteindre la phase LB, tandis que les cvs qui ont une BS retardée ne prennent environ qu'une semaine pour atteindre la phase LB. Ce phénomène entraîne une plus grande homogénéité de la LB que de la BS chez les différents cvs. En fait, le premier cv présente la BS environ deux semaines avant le dernier, d'autre part, le cv le plus précoce présente la LB seulement environ une semaine avant le dernier. En d'autres termes, même si les cvs ne commencent pas leur développement végétatif en même temps, ils atteignent la fin de ce développement presque en même temps.

La précocité présentée par les cvs Cattaneo mâle et Kokusou 20 pendant les premières phases végétatives est confirmée même pour la première phase reproductive FB (R1) ; cette phase confirme aussi le retard des cvs Morettiana et Kairyô nezumigaeshi.

La bonne corrélation révélée pour les phases R1 et R2, suggère que la reproduction et en particulier son commencement, la phase R1, est plus génétiquement déterminée, que les phases végétatives, qui sont plus influencées par le climat.

Il semble donc possible d'affirmer que les conditions climatiques (la température en particulier) influencent les étapes pour la manifestation complète des phénomènes biologiques (V3, V4, R2, R3, R4, R5), déterminant la longueur des périodes entre une étape phénologique et la suivante et entraînant une augmentation ou une baisse de la productivité en relation avec le comportement phénotypique des différents cvs de mûrier, dans les différents endroits où on les cultive. De cette manière l'étude phénologique montre comment un cv est adapté à la culture dans une région ou un climat spécifique.

Le climat influence beaucoup moins les premières étapes phénologiques (V1, V2, R1). Bien que les dates pour ces étapes changent, l'ordre chronologique dans lequel elles présentent ces différentes étapes phénologiques (avec quelques exceptions) est en général respecté.

Les données météorologiques sont présentées dans les figures 2 et 3. Il est possible de constater comment la température diurne pendant la période de floraison en 2000 atteint les valeurs maximum de 27° - 28° C ; même les températures nocturnes sont plus élevées que la moyenne. Les mêmes températures ne caractérisent pas les périodes de floraison en 1999 et 2001.

Le phénomène décrit ci-dessus, concernant V1 et V2 a lieu pour R1 et R2. En moyenne, il y a un écart de douze jours pour la FB entre le premier et le dernier cv. Néanmoins, cet écart est réduit à seulement 7 jours pour FF. On remarque une bonne synchronisation entre le cv Cattaneo mâle et femelle, puisque Cattaneo est le seul cv avec des sexes séparés dans cette étude.

L'allongement, en 2000, de la période de maturation des fruits (en moyenne 4 à 5 semaines contre 3-4 semaines pour les deux autres années) peut être lié au manque de précipitations en mai. Pendant les étapes de GF et de RF en 1999 et 2001 il y a eu trois fois plus de pluie et des températures moyennes légèrement supérieures.

Le retard présenté par certains cvs en 2000 pendant la dernière étape phénologique est lié aux précipitations abondantes en octobre et en novembre, qui n'ont pas eu lieu en 1999. Les résultats pour les étapes LY et LF en 2001 sont différents, les précipitations pendant l'automne sont très rares et les températures moyennes encore plus basses que les années précédentes, mais les feuilles tombent plus tard qu'en 2000.

Les dates enregistrées pour la phase LY ne sont pas similaires selon les années, ce qui est constant au contraire est l'ordre chronologique dans lequel les différents cvs présentent cette phase : les premiers sont toujours Cattaneo Femelle, Kokusou Rosso suivis par Kokusou 20, 21, Ichinose etc., avec peu de différences, souvent dues à un gel précoce.

La cadence et la quantité des pluies et de l'intensité du vent en automne, le premier gel automnal et chez le mûrier en particulier, la possibilité d'une attaque par le pathogène *Septogloeum mori* Briosi et Cav. (Rangaswami et coll., 1976) qui entraîne la chute précoce des feuilles, sont tous les facteurs qui contribuent à la variabilité de la phase LF et rendent une comparaison précise difficile.

En général, les cvs italiens ont un comportement légèrement plus régulier que les japonais.

Les étapes phénologiques qui varient les moins sont R1, R2 et R5, tandis que les plus variables sont les étapes phénologiques de l'automne V5 et V6. Il s'avère que les étapes phénologiques de la reproduction sont moins variables que les étapes végétatives, dont le schéma phénologique dépend plus de l'influence climatique. Au contraire, la floraison est plus influencée par la génétique.

Les tests réalisés montrent qu'il est possible de distinguer les cvs au moyen de leur comportement phénologique : on peut en général estimer l'ordre des cvs du plus précoce au plus tardif par rapport à leur comportement phénologique annuel comme suit : Cattaneo mâle, Kokusou Rosso, Cattaneo Femelle Florio, Kokusou 21, Ichinose, Kairyô nezumigaeshi, Morettiana et Kokusou 20. De plus, l'interaction significative entre les cvs et les années signifie que le mûrier peut réguler l'arrivée de ces étapes phénologiques, en accord avec les influx de l'environnement tout en tenant compte de son horloge endogène. Certaines compensations entre les longueurs des différentes étapes appartenant aux phases végétative et reproductive semblent avoir lieu, de sorte que les différents cvs deviennent assez synchronisés. Ce phénomène pourrait être lié à la variabilité génétique extrême du genre *Morus* ; en fait, il se pourrait qu'il se produise une fécondation croisée entre les différentes espèces du genre et les différents cvs de la même espèce.

Le cv qui présente le comportement phénologique le plus constant est Kairyô nezumigaeshi.

CONCLUSIONS

Pendant la période 1999 – 2001, nous avons examiné la structure phénologique de neuf cvs de *Morus* sp. pl., cinq italiens et cinq japonais.

On a conçu une méthode d'étude et une clé phénologique pour le mûrier, une plante relativement moins étudiée pendant les temps modernes, en raison du déclin de la moriculture italienne et européenne qui permettait de produire de la soie. On a enregistré les séries annuelles des étapes végétatives et reproductives les plus importantes (les étapes phénologiques).

On a analysé la variation calendaire pour les événements phénologiques d'une année sur l'autre. La tendance commune pendant les trois années, est une précocité de plus en plus importante du début de la nouvelle activité végétative après l'hiver chaque année. D'un point de vue météorologique, l'augmentation constante des températures moyennes du printemps d'un degré chaque année, de 1999 à 2001, entraîne l'anticipation de la floraison par rapport à l'émission de feuilles pendant les deux dernières années.

Chez le mûrier, les premières phases phénologiques (V1, V2, R1, R2) sont les plus régulières et donc les moins liées au climat, ce qui semble d'avantage déterminer la longueur d'une étape phénologique qu'induire directement le commencement de l'émission de feuilles ou de la floraison. Par conséquent, il est possible de supposer que le début de la végétation et de la reproduction est déterminé par d'autres facteurs environnementaux et climatiques, différents de la température, tels

que la photopériode, les précipitations (la disponibilité en eau) ou le rayonnement global et que de plus il existe un contrôle à l'intérieur de la plante, qui évite un début anticipé du développement végétatif.

Compte tenu de la complexité à déterminer les facteurs environnementaux exacts, induisant le développement végétal, il est certainement décisif de continuer à enregistrer l'activité annuelle pour les étapes phénologiques et de les lier aux paramètres climatiques. Cela permettrait la réalisation de bases de données complètes pour savoir comment l'environnement influence la nature spécifique des cvs de mûrier. Cela permettra aussi d'évaluer comme un cv commercial est adapté à la culture dans des régions ou des climats déterminés, ce qui permettra d'obtenir une meilleure productivité.

YOUNG AGE SILKWORM REARING UNDER POLYTHENE COVER

G. S. RAMAPRASAD, N. K. KRISHNAPRASAD, T. K. NARAYANASWAMY,
B. SANNAPPA & R. GOVINDAN

Department of Sericulture, College of Agriculture, University of Agricultural Sciences, GKVK,
Bangalore – 560 065, India.

Studies on evaluation of non-conventional rearing technologies for young age silkworm rearing were carried out during 2000-01. Among different seasons tried, silkworms reared during December – January recorded maximum late age and total larval duration (8.37 and 27.06 days), mature larval weight (36.89 g/10), survival rate (91.10%), ERR (89.03%), cocoon weight (17.78 g/10), shell weight (2.99 g/10) and filament length (806.68 m). Among different coloured polythene covers (blue, green, yellow and white), silkworms reared by using blue polythene cover registered significantly least late age (7.6 days) and total larval duration (24.83 days), higher mature larval weight (38.76 g/10), survival rate (93.50%), ERR (92.04%), cocoon weight (18.34 g/10), shell weight (3.22g/10), shell ratio (17.55%), filament length (836.31 m) and silk productivity (4.23 cg/day). The blue polythene sheet was found better for both larval, cocoon and silk technological traits compared to green, yellow and white polythene covers.

Keywords: Polythene cover, silkworm, young age rearing, rearing technologies.

INTRODUCTION

A scientific method of young age silkworm rearing is important to raise healthy silkworms. Maintenance of optimum temperature (27-28° C) and relative humidity (80-90%) are ideal for young age silkworms. Nutritious tender leaves as well as hygienic conditions are also important for vigorous growth of the silkworms. But in tropical countries, the prevalence of high temperature, low relative humidity and poor quality mulberry leaf raises problems for young age silkworm rearing. To overcome this in tropical countries, sericulturists are using wax paper, wet foam pads etc. for rearing of young age worms. In India, the young age worms are covered both below and above by paraffin paper to maintain proper micro-environment and healthy growth of larvae. Of late it was realised that the use of paraffin paper works out costlier than the polythene sheet and moreover paraffin paper is not easily available and also it cannot be repeatedly used because of contamination (Rajan *et al.*, 1995). Dim blue light which perhaps make silkworm larvae to ingest and digest more effectively compared to the dull light caused by the covering of paraffin paper as pointed out by Saksena and Dasthottar (1978).

Hence, there is a need to evolve an alternative low cost appropriate technology to overcome the above problems. Attempts have been made in China and Russia by using polythene sheets as covering material for young age silkworm rearing. In India, polythene sheet is extensively used for young age silkworm rearing in tasar and muga culture and is economical. But, it is not practised in mulberry silkworm (Ullal, 1964). Thus this study was taken up for evaluation of alternative substitutes for young age silkworm rearing.

MATERIAL AND METHODS

Studies on evaluation of non-conventional rearing technologies for young age silkworm rearing were carried out at the Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Bangalore during the year 2000-01 using PM × NB₄D₂. The young age silkworms were reared as per Krishnaswami (1978) recommendations except for the polythene cover during young age silkworm stage for experimental beds. For the experimental verification different coloured 400 gauge polythene sheets namely blue, green, white, yellow and paraffin paper were used for both bottom and top in first and second instar rearing. The experiment was conducted in three seasons and during the rearing, each treatment was replicated four times with 200 worms per replication. The experiment was conducted in three seasons during rearing, following parameters were studied and compared with paraffin paper rearing i. e., bed temperature and relative humidity, mature larval weight, larval duration, larval survival, effective rate of rearing (ERR), cocoon weight, shell weight, shell ratio, filament length and silk productivity. Data were analysed statistically as per the procedure outlined by Sundararaj *et al.*, (1972).

RESULTS AND DISCUSSION

The data on influence of seasons and polythene cover are presented in Table I to II and interpreted hereunder.

Rearing bed temperature and relative humidity:

Marked variations were not observed with respect to temperature and relative humidity when rearing seat covers were used for rearing silkworms during experimentation.

Larval duration:

Different seasons significantly influence the late age and total larval duration. The least late age and total larval duration of 7.72 and 24.36 days respectively were recorded during Feb.-March. Significantly maximum late age and total larval duration (8.37 and 27.06 days, respectively) were recorded during December – January, followed by May-June (8.11 and 26.07 days, respectively). Similar results of prolonged larval duration during winter compared to summer were reported by Das (1988) and Sekharappa *et al.*, (1995).

Different coloured polythene sheets also significantly influence the larval duration. Significantly least late age and total larval duration (7.6 and 24.83 days, respectively) were recorded in blue polythene cover followed by green polythene cover (7.79 and 25.21 days, respectively). Reduction in larval duration under blue polythene cover was also reported by earlier workers (Das, 1988; Kobayashi and Nango, 1972 and Venkatesh *et al.*, 2000).

Considering the interaction of season and coloured polythene cover, significantly least late age and total larval duration (7.33 and 23.43 days) were observed in blue coloured polythene cover during February-March, where the reduction in larval duration was attributed to the reasons stated earlier. Das (1988) and Saksena and Dasthottar (1978) also observed a reduction of larval duration during summer with blue polythene compared to paraffin paper.

Mature larval weight:

Mature larval weight was significantly influenced by the seasons. Significantly higher mature larval weight was recorded during December-January (36.89 g/10). Similar results were also found in the study of Sekharappa *et al.*, (1995). Significant differences in larval weight were also observed due to different coloured polythene covers. The maximum fifth instar larval weight (38.76 g) was recorded with blue polythene cover followed by green polythene (37.43 g), yellow (36.45g) and white (34.92 g).

Table I. Effect of seasons and coloured polythene covers on larval traits of *B. mori*.**Tableau I. Effet des saisons et des feuilles de polyéthylène teinté sur les caractères larvaires de *B. mori*.**

Treatments	Larval Duration (days)		Mature larval weight	Larval survival (%)	ERR (%)
	V Instar	Total			
Traitements	Durée larvaire (jours)		Poids larvaire à maturité	Survie larvaire (%)	
	Vème âge	Totale			
Seasons / Saisons					
December-January (S1) <i>Décembre-janvier (S1)</i>	8.37	27.06	36.89	91.10 (72.89)	89.03 (70.83)
February-March (S2) <i>Février-mars (S2)</i>	7.72	24.36	34.94	88.08 (69.96)	86.70 (68.73)
May-June (S3) / <i>Mai-juin (S3)</i>	8.11	26.07	35.91	89.60 (71.35)	88.15 (69.99)
F-test	*	*	*	*	*
S. Em±	0.010	0.020	0.180	0.24	0.16
C. D. at 5%	0.03	0.05	0.52	0.67	0.45
Coloured polythene covers / Feuilles de polyéthylène teinté					
White polythene cover (M1) <i>Feuille de polyéthylène blanche (M1)</i>	8.31	26.33	34.92	87.79 (69.58)	86.33 (68.32)
Green polythene cover (M2) <i>Feuille de polyéthylène verte (M2)</i>	7.79	25.21	37.43	91.50 (73.13)	89.71 (71.33)
Blue polythene cover (M3) <i>Feuille de polyéthylène bleue (M3)</i>	7.60	24.83	38.76	93.50 (75.35)	92.04 (73.65)
Yellow polythene cover (M4) <i>Feuille de polyéthylène jaune (M4)</i>	7.99	25.71	36.45	89.70 (71.34)	88.04 (69.79)
Paraffin paper (M5) <i>Papier de paraffine (M5)</i>	8.64	27.05	31.98	85.46 (67.61)	83.67 (66.17)
F-test	*	*	*	*	*
S.Em±	0.010	0.020	0.240	0.30	0.02
C. D. at 5%	0.04	0.07	0.68	0.87	0.58
Interaction					
S ₁ M ₁	8.75	27.73	36.39	89.00 (70.64)	87.13 (68.99)
S ₁ M ₂	7.99	26.30	38.10	93.38 (75.09)	91.13 (72.68)
S ₁ M ₃	7.89	26.04	39.48	95.13 (77.30)	93.13 (74.82)
S ₁ M ₄	8.21	26.92	37.13	90.88 (72.46)	89.13 (70.76)
S ₁ M ₅	8.99	28.29	33.29	87.13 (68.98)	84.63 (66.91)
S ₂ M ₁	7.91	24.81	33.48	86.13 (68.14)	85.13 (67.32)
S ₂ M ₂	7.46	23.79	36.82	89.63 (71.24)	88.00 (69.74)
S ₂ M ₃	7.33	23.43	37.95	92.38 (74.02)	91.00 (72.56)
S ₂ M ₄	7.66	24.20	35.71	88.13 (69.86)	86.88 (68.56)

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

S ₂ M ₅	8.25	25.26	30.72	84.13 (66.53)	82.50 (65.27)
S ₃ M ₁	8.25	26.44	34.89	88.25 (69.97)	86.75 (68.67)
S ₃ M ₂	7.92	25.56	37.38	91.50 573.06°	90.00 571.57°
S ₃ M ₃	7.58	25.04	38.86	93.00 (74.72)	92.00 (73.58)
S ₃ M ₄	8.12	26.01	36.50	90.13 (71.70)	88.13 (69.85)
S ₃ M ₅	8.66	27.30	31.94	85.13 (67.32)	83.88 (66.32)
F-test	*	*	NS	NS	NS
Sem±	0.020	0.040	0.410	0.53	0.35
CD at 5%	0.07	0.12	-	-	-

Values in the parentheses indicate the angular transformed values / Les valeurs entre parenthèses indiquent les valeurs angulaires transformées.

The results of present investigation are in accordance with the work of Saksena and Dasthottar (1978) who reported the improvement of larval weight under blue light. Kobayashi and Nango (1972) also observed improved larval growth stimulated by blue and green lights. The least larval weight recorded with paraffin paper may be due to growth retardation, because of moisture loss from the leaves and suffering of worms from starvation (Das, 1988).

Larval survival:

Significantly highest survival rate of 91.10 percent was recorded during December-January, followed by May-June (89.60%). Highest survival rate during winter was also observed by Das (1988). The better survival rate during December-January was probably due to optimum temperature and relative humidity ideal for young age silkworms (Rajan *et al.*, 1995). Significantly maximum survival rate (93.50%) was observed with blue polythene cover followed by green (91.50%), yellow (89.70%) and white (87.79%). Jolly *et al.*, (1975) also observed better survival rate due to the use of blue and green coloured cellophane cover during infant tasar silkworm rearing.

ERR:

Significantly maximum ERR (89.03%) was recorded during December-January, which was significantly higher than May-June (88.15%). These results can be compared with the results by Rajan *et al.*, (1995), where significantly higher ERR values were obtained during winter season compared to summer and rainy seasons. Significantly maximum ERR (92.04%) was recorded with blue polythene cover followed by green (89.71%), yellow (88.04%) and white (86.33%). Similar kind of results were also reported by Rajan *et al.*, (1995). The higher values of ERR can be correlated to higher values and survival rate and higher cocoon yield observed under blue polythene cover.

Cocoon weight:

Significantly maximum cocoon weight was recorded during December-January (17.78 g/10), which was significantly higher than May-June (16.88g) and February-March (16.38 g), both being on par with each other. Similar results of higher cocoon weight (1.82 g) during winter season compared to summer (1.68 g) seasons were reported by Rajan *et al.*, (1995). Among different coloured polythene covers, blue polythene sheet resulted in significantly maximum (18.34g) cocoon weight followed by green (17.86 g), yellow (16.91 g) and white (16.47 g). Yellow and white were on par with each other. Geethadevi *et al.*, (1994) observed that the worms reared under blue polythene resulted in maximum single cocoon weight (1.857 g) compared to one reared under paraffin (1.697 g).

Table II. Effect of seasons and coloured polythene covers on cocoon traits of *B. mori*.Tableau II. Effet des saisons et des couvertures de polyéthylène teinté sur les caractères du cocon de *B. mori*.

Treatments	Cocoon weight (g / 10)	Shell weight (g / 10 Nos.)	Shell ratio (%)	Filament length (m)	Silk productivity (cg / day)
Traitements	Poids du cocon (g / 10)	Poids de la coque (g / 10 Nos)	Richesse soyeuse (%)	Longueur du filament (m)	Productivité de la soie (cg / jour)
Seasons / Saisons					
December-January (S1) <i>Décembre-janvier (S1)</i>	17.78	2.99	16.87 (24.25)	806.68	3.60
February-March / février-mars (S2) <i>May-June (S3) / mai-juin (S3)</i>	16.38	2.76	16.86 (24.23)	772.74	3.59
F-test	*	*	NS	*	NS
S. Em±	0.18	0.02	0.14	6.30	0.02
C. D. at 5%	0.50	0.05	-	17.95	-
Coloured polythene covers / Feuilles de polyéthylène teinté					
White polythene cover (M1) <i>Feuille de polyéthylène blanche (M1)</i>	16.47	2.70	16.43 (23.91)	760.34	3.25
Green polythene cover (M2) <i>Feuille de polyéthylène verte (M2)</i>	17.86	3.12	17.47 (24.70)	827.31	4.00
Blue polythene cover (M3) <i>Feuille de polyéthylène bleue (M3)</i>	18.34	3.22	17.55 (24.77)	836.31	4.23
Yellow polythene cover (M4) <i>Feuille de polyéthylène jaune (M4)</i>	16.91	2.89	17.11 (24.42)	819.65	3.61
Paraffin paper / <i>Papier de paraffine (M5)</i>	15.46	2.52	16.31(23.81)	719.10	2.91
F-test	*	*	*	*	*
S.Em±	0.23	0.02	0.18	8.14	0.03
C. D. at 5%	0.65	0.07	0.50	23.17	0.08
Interaction					
S ₁ M ₁	17.71	2.85	16.13 (23.68)	781.75	3.26
S ₁ M ₂	18.71	3.23	17.24 (24.53)	835.57	4.03
S ₁ M ₃	18.96	3.28	17.31 (24.58)	847.90	4.15
S ₁ M ₄	17.49	2.98	17.08 (24.41)	829.89	3.63
S ₁ M ₅	16.01	2.65	16.58 (24.02)	738.32	2.94
S ₂ M ₁	15.72	2.60	16.59 (24.03)	720.33	3.29
S ₂ M ₂	16.95	2.96	17.46 (24.70)	512.57	3.96
S ₂ M ₃	17.95	3.16	17.60 (24.81)	820.46	4.31
S ₂ M ₄	16.54	2.74	16.56 (24.00)	805.32	3.57
S ₂ M ₅	14.68	2.36	16.07 (23.63)	705.05	2.85
S ₃ M ₁	15.98	2.65	16.58 (24.02)	778.95	3.22
S ₃ M ₂	17.92	3.17	16.69 (24.87)	833.79	4.00
S ₃ M ₃	18.10	3.21	17.75 (24.91)	840.58	4.23
S ₃ M ₄	16.69	2.95	17.68 (24.86)	823.76	3.62
S ₃ M ₅	15.70	2.55	16.27 (23.78)	713.95	2.94
F-test	NS	NS	NS	NS	NS
Sem± 0.020	0.39	0.04	0.30	14.09	0.06
CD at 5%	-	-	-	-	-

Values in the parentheses indicate the angular transformed values / Les valeurs entre parenthèses indiquent les valeurs angulaires transformées.

Shell weight:

December-January rearing produced significantly maximum shell weight (2.99 g/10), which was significantly higher than May-June (2.90g) and February-March (2.76g). Rajan *et al.*, (1995) observed maximum single shell weight (0.367 g) during winter and minimum single shell weight of 0.316g during summer. The factors that are responsible for reduction in cocoon weight may have also contributed to the reduction in shell weight. Blue coloured polythene cover significantly increased the shell weight (3.22 g/10) compared to green (3.12g), yellow (2.89g), white (2.70g) and paraffin paper (2.52g). The differences were found significant among all these treatments. These findings are well supported by the findings of Saksena and Dasthottar (1978) who also reported high shell weight, when reared under blue light compared to normal light.

Shell ratio:

Significantly maximum shell ratio (17.55%) was recorded in worms reared under blue polythene cover, which was on par with green (17.47%) and yellow (17.11%). However, least was in case of paraffin paper (16.31%), which was on par with white (16.43%). The present results are in accordance with the findings of Rajan *et al.*, (1995).

Filament length:

Significant differences in filament length were observed due to the different rearing seasons. Significantly maximum filament length (806.68 m) was recorded during December-January followed by May – June (798.20 m) and the least was during February- March (772.74 m). However, Rajan *et al.*, (1995) reported maximum filament length (898 m) during rainy and lowest filament (759 m) during summer). The factors contributing to good larval characteristics and cocoon characters have ultimately resulted in better filament length. Thereby, the December – January rearing was found to have congenial condition for obtaining maximum filament length.

Among different coloured polythene covers, blue polythene cover significantly increased the filament length (836.31 m), which was found on par with green and yellow (827.31 and 819.65 m, respectively). Das (1988) also observed maximum filament length with white and blue polythene covered beds. In the present study, maximum filament length was not recorded in white polythene covered beds and this may be due to the use of differential gauge polythene covers. The same has not been recorded in the previous studies. The variation observed may be attributed to many reasons. However, to confirm the same, large scale trials were required. Our study revealed that dim light is essential for highest silkworm growth and development. The same conditions may not prevail when white polythene covers are used.

Silk productivity:

Coloured cover had significant effect on silk productivity. The highest significant silk productivity (4.23) was recorded in blue polythene cover followed by green polythene cover (4.00), yellow polythene cover (3.61) and white polythene cover (3.25).

The results revealed that blue polythene sheet performed significantly better for larval, cocoon and silk technological parameters compared to other treatments. Under dim light the silkworm growth and development were found optimum, the blue polythene might have provided the same condition. However, complete darkness is not required for larval growth and development. Hence, the use of black polythene cover is not having practical utility. Hence, large scale trials are required to popularise the usage of blue polythene sheet for young age silkworm rearing.

REFERENCES

- DAS M. R. (1988) Studies on the effect of different coloured polythene sheet cover during young age silkworm rearing. Dissertation submitted to CSR&TI, Mysore, pp. 1-58.
- GEETHADEVI R. G., VINDHYA G. S., DAS M. R., RAJAN R. K. & HIMANTHRAJ M. T. (1994) Chawki rearing, polythene sheet to replace paraffin paper. *Indian Silk*, 32(4): 11-12.
- JOLLY M. S., ASHAN M. M. & KHATRI R. K. (1975) Effect of rearing under different colours of cellophane. *Ann. Rep., CTRS, Ranchi*, p. 37-40.
- KOBAYASHI S. & NANGO K. (1972) Effect of visible light wave on the larval growth of silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Fac. Text. Technol. Sinshu. Univ. Serabio*, 16: 13-18.
- KRISHNASAMI S. (1978) New Technology of Silkworm Rearing. *Bull. No. 2, CSR&TI, Mysore*, p.23.
- RAJAN B. K., HIMANTHRAJ M. T., VINDHYA G. S., SINGH G. B. & KAMBLE C. K. (1995) Studies on the use of the polythene sheet in place of paraffin paper during young age silkworm rearing. *Bull. Sericult. Res.*, 6: 108-108.
- SAKSENA A. B. & DASTHOTTAR J. (1978) Observation on the growth of silkworm in response to blue light. *Bio. Res.*, 2(1 & 2): 57-60.
- SEKHARAPPA B. M., MUNIRAJU E. & GURURAJ C. S. (1995) Use of isolation chamber for rearing young age silkworms in the tropics. *Sericologia*, 35: 525-534.
- SHARADA K. & BHAT J. V. (1957) Influence of humidity on feed utilisation by the silkworm *Bombyx mori* L. *J. Indian Ins. Sci.*, 39: 220-223.
- SUNDARARAJ N., NAGARAJU S., VENKATARAMU M. N. & JAGANNATH M. K. (1972) Design and analysis of field experiments. *UAS, Bangalore*, p. 413.
- ULLAL S. R. (1964) *Sericulture in U.S.S.R. – A study Report*. Central Silk Board, Bangalore, India, p. 64.
- VENKATESH H., KATTI S. R., PUTTASWAMY S. & RAGHURAMAN R. (2000) Preliminary study on the effect of different coloured light on the rearing performance and oviposition in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Bull. Ind. Acad. Seri.*, 4 :78-80.

ELEVAGE DES JEUNES VERS A SOIE SOUS FEUILLE DE POLYETHYLENE

G. S. RAMAPRASAD, N. K. KRISHNAPRASAD, T. K. NARAYANASWAMY,
B. SANNAPPA & R. GOVINDAN

Department of Sericulture, College of Agriculture, University of Agricultural Sciences, GKVK,
Bangalore – 560 065, Inde.

Nous avons réalisé en 2000-2001 des études pour évaluer des technologies d'élevage non conventionnelles pour l'élevage des jeunes vers à soie. Les vers à soie élevés en décembre – janvier enregistrent une durée du dernier âge et une durée larvaire totale (8,37 et 27,06 jours), un poids larvaire mature (36,89 g / 10), un taux de survie (91,10 %), un ERR (89,03 %), un poids du cocon (17,78 g/10), un poids de coque (2,99g / 10) et une longueur de filament (806,68 m) maximum. Parmi les différentes feuilles de polyéthylène teinté (bleue, verte, jaune et blanche), les vers à soie élevés en utilisant une feuille de polyéthylène bleu ont le dernier âge (7,6 jours) et la durée larvaire totale (24,83 jours) les plus courts et un poids larvaire mature (38,76 g / 10), un taux de survie (93,50 %), un ERR (92,04 %), un poids du cocon (18,34 g/10), un poids de coque (3,22g/10), une richesse soyeuse (17,55 %), une longueur de filament (836,31 m) et une productivité de la soie (4,23 cg/ jour) significativement supérieurs. On constate que la feuille de polyéthylène bleue est la meilleure à la fois pour les caractères de la larve, du cocon et les caractéristiques technologiques de la soie par comparaison aux feuilles de polyéthylène verte, jaune et blanche.

INTRODUCTION

Il est important d'adopter une méthode scientifique pour élever de jeunes vers à soie en bonne santé. Le maintien d'une température optimum (27-28° C) et d'une humidité relative de 80 à 90 % est idéal pour les jeunes vers à soie. Il est également important de disposer de feuilles de mûrier tendres et nutritives et de bénéficier de conditions hygiéniques pour la croissance vigoureuse des vers. Mais, dans les pays tropicaux, l'existence d'une température élevée, d'une faible humidité relative, et d'une mauvaise qualité de feuille de mûrier pose des problèmes pour l'élevage du jeune ver à soie. Pour surmonter cela, les sériciculteurs utilisent du papier paraffiné, des coussinets de mousse mouillée etc., pour l'élevage des jeunes vers à soie. En Inde, on recouvre les jeunes vers à soie avec du papier de paraffine à la fois en dessous et au-dessus pour maintenir un micro-environnement convenable et une croissance saine des larves. Dernièrement, on a réalisé que l'utilisation du papier de paraffine revenait plus cher que la feuille de polyéthylène, de plus on n'en trouve pas facilement et on ne peut pas l'utiliser de manière répétée car cela peut entraîner des contaminations (Rajan et coll., 1995). Comme l'ont remarqué Saksena et Dasthottar (1978), la faible lumière bleue fait peut être ingérer et digérer les larves de vers à soie plus efficacement que la faible lumière diffusée par le papier de paraffine.

Il faudrait donc mettre au point une technologie alternative appropriée et bon marché pour surmonter ces problèmes. Des essais ont été réalisés en Chine et en Russie pour utiliser des feuilles de polyéthylène comme matériel de recouvrement pour l'élevage du jeune ver à soie. En Inde, on utilise la feuille de polyéthylène de manière extensive pour l'élevage du jeune ver à soie tassar et muga et elle est économique. Mais, cela n'a pas cours chez le ver à soie du mûrier (Ullal, 1964). Nous avons donc entrepris cette étude pour évaluer des alternatives pour l'élevage du jeune ver à soie.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons procédé à des études pour évaluer des technologies d'élevage non conventionnelles pour l'élevage du jeune ver à soie au *Department of Sericulture*, de l'*University of Agriculture Sciences*, à Bangalore de 2000 à 2001 en utilisant PM × NB4D2. Les jeunes vers à soie sont élevés d'après les recommandations de Krishnaswami (1978) pour l'élevage du jeune ver sauf qu'on utilise une feuille de polyéthylène dans les litières. Pour la vérification dans le cadre de l'expérience, on utilise différentes feuilles de polyéthylène de calibre 400 à savoir des bleues, des vertes, des blanches, des jaunes et du papier de paraffine que l'on dispose à la fois au fond et par dessus pour l'élevage du 1^{er} et du 2^{ème} âge. On procède à l'expérience sur trois saisons et on répète chaque traitement quatre fois pendant l'élevage avec 200 vers par répétition. Au cours de l'expérience sur trois saisons, on étudie et on compare les paramètres suivants avec le papier de paraffine : la température de la litière et l'humidité relative, le poids larvaire à maturité, la durée larvaire, la survie larvaire, le taux effectif d'élevage (ERR), le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse, la longueur du filament et la productivité de la soie. On analyse les données de manière statistique d'après la procédure décrite par Sundararaj et coll., (1972).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur l'influence des saisons et de la feuille de polyéthylène sont présentées dans les Tableaux I à II et sont interprétées ci-dessous.

Température de la litière d'élevage et humidité relative :

On n'observe pas de variations marquées au cours de l'expérience pour la température et l'humidité relative quand on utilise des feuilles pour recouvrir les claies au cours de l'élevage des vers à soie.

Durée larvaire :

Les différentes saisons influencent la durée du dernier âge et la durée larvaire totale de manière considérable. On enregistre la durée du dernier âge et la durée larvaire totale minimum respectivement de 7,72 et 24,36 jours en février- mars.

On a enregistré une durée larvaire et du dernier âge significativement maximum (8,37 et 27,06 jours respectivement) en décembre-janvier suivie par mai-juin (8,11 et 26,07 jours respectivement). Das (1988) et Sekharappa et coll., (1995) ont rapporté des résultats similaires de durée larvaire prolongée pendant l'hiver par comparaison à l'été.

Les feuilles de polyéthylène de teinte différente influencent aussi la durée larvaire de manière considérable. On enregistre une durée du dernier âge et une durée larvaire totale considérablement plus courtes (respectivement 7,6 et 24,83 jours) avec la feuille de polyéthylène bleue suivie par la feuille de polyéthylène verte (respectivement 7,79 et 25,21 jours). D'autres chercheurs ont aussi rapporté la diminution de la durée larvaire avec la feuille de polyéthylène bleue (Das, 1988 ; Kobayashi et Nango, 1972 et Venkatesh et coll., 2000).

En tenant compte de l'interaction entre la saison et la feuille de polyéthylène, on observe une durée du dernier âge et une durée larvaire totale considérablement inférieures (7,33 et 23,43 jours) avec la feuille de polyéthylène bleue en février-mars où la diminution de la durée larvaire est attribuée aux raisons mentionnées plus haut. Das (1988) et Saksena et Dasthottar (1978) ont aussi observé une diminution de la durée larvaire en été avec le polyéthylène bleu par comparaison au papier de paraffine.

Poids larvaire à maturité :

Le poids larvaire à maturité est influencé de manière significative par les saisons. On enregistre un poids larvaire considérablement plus élevé en décembre–janvier (36,89 g/10). Sekharappa et coll., (1995) ont aussi rapporté des résultats similaires. On a aussi observé des différences considérables pour le poids larvaire avec les différentes feuilles de polyéthylène teinté. On enregistre le poids larvaire maximum du 5^{ème} âge (38,76 g) avec la feuille de polyéthylène bleue suivie par le polyéthylène vert (37,43 g), jaune (36,45 g) et blanc (34,92 g).

Les résultats de cette étude confirment le travail de Saksena et Dasthottar (1978) qui ont rapporté une amélioration du poids larvaire sous une lumière bleue. Kobayashi et Nango (1972) ont aussi observé une amélioration de la croissance larvaire stimulée par les lumières bleue et verte. Le poids larvaire le plus faible enregistré avec le papier de paraffine pourrait être dû au retard de croissance, en raison de la perte d'humidité des feuilles et au fait que les vers à soie meurent de faim (Das, 1988).

Survie larvaire :

On enregistre le taux de survie significativement le plus élevé de 91,10 pourcent en décembre-janvier suivi par mai-juin (89,60%). Das a aussi observé le taux de survie le plus élevé en hiver (1998). Le meilleur taux de survie en décembre-janvier est probablement dû à la température et à l'humidité relative optimum idéales pour les jeunes vers à soie (Rajan et coll., 1995). On observe un taux de survie maximum (93,50 %) avec la feuille de polyéthylène bleue suivie par la verte (91,50 %), la jaune (89,70 %) et la blanche (87,79 %). Jolly et coll., (1975) ont aussi observé un meilleur taux de survie lorsqu'on utilise une feuille de cellophane teintée bleue et verte pendant l'élevage du jeune ver à soie tasar.

Taux effectif d'élevage (ERR) :

On enregistre un ERR maximum (89,03 %) en décembre-janvier, qui est significativement plus élevé qu'en mai-juin (88,15 %). Ces résultats peuvent être comparés aux résultats de Rajan et coll., (1995), où des valeurs ERR significativement plus élevées ont été obtenues en hiver plutôt qu'en été et pendant la saison des pluies. On enregistre un ERR maximum (92,04 %) avec la feuille de polyéthylène bleue suivie par la verte (89,71 %), la jaune (88,04 %) et la blanche (86,33 %). Rajan et coll., (1995) ont aussi rapporté des résultats similaires. On peut corrélérer les valeurs d'ERR plus élevées à un taux de survie et à un rendement en cocons plus élevés observés avec la feuille de polyéthylène bleue.

Poids du cocon :

On enregistre un poids du cocon supérieur en décembre–janvier (17,78 g / 10), significativement plus élevé qu'en mai-juin (16,88 g) et qu'en en février – mars (16,38 g), les deux étant semblables l'un à l'autre. Rajan et coll., (1995) ont rapporté des résultats similaires pour le poids du cocon (1,82 g) en hiver par comparaison à l'été (1,68g). Parmi les différentes feuilles de polyéthylène teinté, la feuille de polyéthylène bleue donne un poids de cocon maximum (18,34g) suivie par la verte (17,86g), la jaune (16,91g) et la blanche (16,47 g). La jaune et la blanche donnent des résultats similaires. Geethadevi et coll., (1994) ont observé que les vers élevés sous une feuille de polyéthylène bleue donnent un poids de cocon maximum (1,857g) par comparaison à ceux que l'on élève sous la paraffine (1,697g).

Poids de la coque :

L'élevage de décembre – janvier donne un poids de coque maximum (2,99 g / 10), significativement plus élevé qu'en mai-juin (2,90 g) et qu'en février – mars (2,76 g). Rajan et coll., (1995) ont observé un poids de coque maximum (0,367 g) en hiver et un poids de coque minimum de 0,316 g en été. Les facteurs impliqués dans la diminution du poids du cocon pourraient aussi avoir contribué à la diminution du poids de la coque. L'usage de la feuille de polyéthylène coloré bleue

augmente le poids de la coque (3,22 g/10) de manière significative par comparaison à la verte (3,12 g), à la jaune (2,89 g), à la blanche (2,70 g) et au papier de paraffine (2,52 g). Les différences s'avèrent considérables entre tous ces traitements. Les observations de Saksena et Dasthottar (1978) qui ont rapporté un poids de coque plus élevé quand on élève les vers sous une lumière bleue que quand on les élève sous une lumière normale confirment ces résultats.

Richesse soyeuse :

On enregistre une richesse soyeuse maximum (17,55 %) chez les vers élevés sous une feuille de polyéthylène bleue, semblable à celle obtenue avec la verte (17,47 %) et la jaune (17,11 %). Cependant, elle est inférieure avec le papier de paraffine (16,31 %) et avec la blanche (16,43 %). Ces observations confirment celles de Rajan et coll., (1995).

Longueur du filament :

On observe des différences considérables pour la longueur du filament entre les différentes saisons d'élevage. On enregistre une longueur de filament maximum (806,68 m) en décembre – janvier suivi par mai – juin (798,20 m) et elle est minimum en février – mars (772,74 m). Cependant, Rajan et coll., (1995) ont rapporté une longueur de filament maximum (898 m) pendant la saison des pluies et minimum (759 m) en été. Les facteurs qui contribuent à de bonnes caractéristiques pour la larve et le cocon donnent en fin de compte une meilleure longueur de filament. On constate donc que l'élevage de décembre – janvier est propice à une longueur de filament maximum.

Parmi les différentes feuilles de polyéthylène coloré, la feuille de polyéthylène bleu augmente la longueur du filament (836,31 m), soit une longueur similaire à celle obtenue avec la verte et la jaune (respectivement, 827,31 et 819,65 m). Das (1988) a aussi observé la longueur de filament maximum quand on recouvre les claies avec du polyéthylène blanc et bleu. Dans cette étude, on n'enregistre pas de longueur maximum de filament quand les claies sont recouvertes de polyéthylène blanc et cela pourrait être dû à l'utilisation de feuilles de polyéthylène de calibre différent. On n'a pas enregistré les mêmes résultats dans les études précédentes. On peut attribuer cette variation à de nombreuses raisons. Cependant, il faudrait réaliser des essais à grande échelle pour confirmer cela. Notre étude révèle qu'une lumière faible est essentielle pour obtenir une croissance et un développement plus élevés du ver à soie. Ces conditions ne sont peut-être pas réunies quand on utilise des feuilles de polyéthylène blanc.

Productivité de la soie :

Les feuilles de polyéthylène de couleur ont un effet sur la productivité de la soie. On enregistre la productivité de la soie considérablement plus élevée (4,23) avec la feuille de polyéthylène bleue suivie par la feuille de polyéthylène verte (4), la feuille de polyéthylène jaune (3,61) et la feuille de polyéthylène blanche (3,25).

Les résultats révèlent que la feuille de polyéthylène bleue donne de meilleurs résultats pour les paramètres technologiques de la larve, du cocon et de la soie par comparaison aux autres traitements. Sous une faible lumière, la croissance et le développement du ver à soie s'avèrent optimum ; le polyéthylène bleu semble offrir ces conditions. Cependant, il ne faut pas une obscurité complète pour la croissance et le développement larvaires. L'utilisation d'une feuille de polyéthylène noire n'a donc pas d'utilité pratique. Il faudrait donc réaliser des essais à grande échelle pour populariser l'utilisation de la feuille de polyéthylène bleue pour l'élevage du jeune ver à soie.

EVALUATION OF PRODUCTIVITY FACTORS IN SERICULTURE IN KARNATAKA, INDIA

P. KUMARESAN & H. JAYARAM

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

Factor analysis technique was used in the present study to examine the factors influencing the productivity of silk in various districts of Karnataka, the principal silk producing state in India. Among the fourteen variables evaluated, the crossbreed cocoon yield per hectare and 100 disease free layings were the most important variables found contributing to the productivity in Karnataka.

Keywords: Factors of productivity, factor analysis and principal component analysis.

INTRODUCTION

Sericulture occupies a unique position in Indian economy and assumes more importance in alleviating the problems of the rural poor. It is highly suitable in the context of diversification of farm enterprises and integration of the farming system with other enterprises and has the capacity to generate attractive income. There are only a few other farm enterprises that can match sericulture for providing employment to the rural poor. Sericulture provides employment for 1138.95 man-days per annum per hectare (Lakshmanan *et al.*, 1998). The above features have attracted the policy makers to propagate the sericulture enterprise throughout the country as a suitable answer to rural unemployment and low *pro capite* income.

India is the second largest producer of mulberry silk, next only to China, accounting for more than 15% of the total global raw silk production. The total annual production of raw silk in India was 15.44 thousand tonnes, of which mulberry raw silk output aggregated to about 13.94 thousand tonnes during 1999-2000. Mulberry sericulture is practised in almost all the states in the country but Karnataka, Andhra Pradesh, West Bengal and Tamil Nadu together account for about 98.20% of the total mulberry silk production in the country. Karnataka is the principal silk producing state in the country with the production of 8.12 thousand tonnes during 1999-2000, which accounts for about 58 per cent of the total mulberry raw silk production in the country. In Karnataka, about 0.26 million farmers were engaged in sericulture cultivating mulberry in 0.12 million hectares during 1999-2000.

The productivity and quality of the silk produced in India is comparatively less than that of advanced silk producing countries such as China, Japan and Brazil. As the cost of production of the silk is also higher, the silk imported from other countries, especially from China is cheaper than the domestic silk. The Indian sericulture industry may be adversely affected after the implementation of global free trade. India can face the challenges successfully only by enhancing the quality and reducing the production costs by increasing the productivity (Annual Report, Department of Sericulture, Karnataka, 2001). In this context, a study has been taken up to examine the factors contributing to the productivity in sericulture in Karnataka state in India.

METHODOLOGY

The study was conducted for Karnataka state purposively, as it is the primary silk producing state in India. The required data for the study were collected from the annual report of the Department of Sericulture, Government of Karnataka for the year 2000-01 and various reports published by the Department of Sericulture. Data on districtwise area under mulberry, disease free layings (dfls) production, cocoon production, raw silk production, Technical Service centers and cocoon markets were collected for the period of 2000-01.

Factor analysis:

Factor analysis is a multivariate statistical technique determining the number and nature of the underlying variable among larger numbers of measures. More succinctly, the factor analysis is used for the identification of key traits from the mosaic of overlapping relationships and reducing a set of large number of variables to a convenient size of underlying factors, which is difficult to achieve by other analytical techniques (Harris, 1975). The intercorrelations between some or all of the explanatory variables in the multiple regression analysis increase the standard errors of the regression coefficients and make the analysis unstable. The factor analysis of the independent variables is employed to overcome the multicollinearity problems in the regression analysis.

The principal component solution was employed in the present study to find out the factors, which collectively impinge on the productivity of silk in various districts of Karnataka in India. The principal component model is expressed as:

$$S_1 = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p$$

Where, X_1, X_2, \dots, X_p are the p variates under study and $i = 1, 2, \dots, p$.

The coefficients $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}$ are chosen so that the net variate S_1 has as large a variance as possible. The coefficients for S_2 are chosen so as to make the variance of this combined variable as large as possible, subject to the restriction that scores on S_1 and S_2 (whose variance has already been maximized) be uncorrelated. The X variates are thus transformed to new uncorrelated variates, which account for as much of the variation as possible in descending order. The variate S_1 is most informative because weights are assigned in a way, which captures the maximum variance of the X_1, X_2, \dots, X_p variates. It is thus possible to calculate a most informative index (S_1) from a set of observable efficiency measures. In fact, p uncorrelated indices can be constructed to explain as much of variance in the original data as possible in descending order.

The computer package SPSS 7.5 Windows version was used for the analysis of data. In this study, the factor rotation method was also followed to extract the dimensions, which explain the substantial portion of the total variance. The initial orthogonal solution was rotated by varimax method.

In the present study, the following 14 variables were subjected to principal component analysis in order to examine better explanation of the factors influencing the productivity in sericulture Karnataka.

- Mulberry leaf yield (kg) per hectare
- Per cent of irrigated mulberry fields
- No. of bivoltine dfls brushed for one hectare
- No. of crossbreed dfls brushed for one hectare
- No. of CSR hybrids dfls brushed
- Bivoltine cocoon yield (kg) per hectare per year
- Crossbreed cocoon yield (kg) per hectare per year
- Crossbreed cocoon yield (kg) / 100 dfls

- CSR hybrid cocoon yield (kg) / 100 dfls
- Per cent of bivoltine silk production
- *Rendita* obtained from bivoltine cocoons
- *Rendita* obtained from crossbreed cocoons
- No. of farmers / Technical Service Centre
- No. of farmers / cocoon market

RESULTS AND DISCUSSION

The absolute variance (eigen value) and the percentage variation explained by each component are given in Table I. A correlation matrix of 14×14 was designed and initially each variable was considered as a factor by itself. From this, only 6 components were extracted in the analysis, which put together explained 90.12% of the total variations. However, the substantial variation was explained by only the first three components. The cumulative variation of the first three components was worked out to be 65.16%.

The results of initial factor loadings in the principal component analysis for the productivity factors in raw silk production in Karnataka are presented in Table II. The table gives component loadings and the percentage of variation explained by each component. The first component explained 35.06% of variation, in which all the variables except *rendita* of bivoltine cocoons and *rendita* of multivoltine cocoons were loaded heavily. It can be also observed that all the key variables except the percentage of bivoltine raw silk production had positive association with other variables in the first component. The percentage of bivoltine raw silk production did not hold the expected sign of plus in the first component. This may be due to higher variation of proportion of bivoltine silk production between the districts of Karnataka. Again, the proportion of bivoltine silk production compared to cross breed silk production was negligible in many major silk producing districts. The other two variables, which had negative association with other variables in the first component, were *rendita* of bivoltine cocoons and *rendita* of multivoltine cocoons. But these two variables did not load heavily in the first component. There was not much concentration of factors in other components.

As the factor rotations help to identify the important factors, which influence the dependent variable, by reducing the information to convenient size, the initial principal components were rotated by varimax method and the results of rotated factor loadings for the productivity factors in raw silk production in Karnataka are presented in Table III. The first component explained 35.06% of the total variation in the correlation matrix. Number of crossbreed dfls brushed per hectare, cocoon yield of crossbreed per hectare and cocoon yield of crossbreed per 100 dfls were the key variables positively associated with themselves in the first component. All the variables related to crossbreed cocoon production except *rendita* for the crossbreed cocoons considered for the study were loaded heavily in the first component. As the *rendita* is also depending on the reeling technology, it might not have been included with higher loading in the first component. Thus, the first component represents productivity factors related to crossbreed cocoon production. Out of the total production of 8200 tonnes of raw silk in Karnataka during the year 2000-01, the crossbreed silk production was 7805.54 tonnes, which accounted for 95.20% of the total production. The above fact implies the importance of the variables related to the productivity of crossbreed cocoon production in contributing mainly to the silk production in the state. Per cent of bivoltine silk production (-0.653), *rendita* for bivoltine cocoons (-0.044) and *rendita* for crossbreed cocoon (-0.004) were inversely associated with other factors in the first component.

There was no polarization of variables in other components as in the case of first component. The second component explained 16.48% of the variation in the correlation matrix. The institutional factors namely number of farmers per Technical Service Centre (0.921) and number of farmers per cocoon market (0.939) were important variables in the second component. High number of farmers per Technical Service Centre and cocoon market were noticed in the districts having high

concentration of sericulture, where the quality of infrastructure facilities were better than the other districts for the sericulture development. Similar to the first component, per cent of bivoltine silk production (-0.334), *rendita* for bivoltine cocoons (-0.087) and *rendita* for crossbreed cocoon (-0.051) were inversely associated with other factors in the second component.

Table I. Extent of variance explained by different dimensions on the productivity factors in silk production in Karnataka.

Tableau I. Etendue de la variance dans la production de soie au Karnataka expliquée par les différentes dimensions des facteurs de productivité.

Components	Eigen value	Percentage variation	Cumulative variation
<i>Composants</i>	<i>Valeur Eigen</i>	<i>Pourcentage de variation</i>	<i>Variation cumulative</i>
1	4.87	35.061	35.061
2	2.29	16.477	51.538
3	1.89	13.621	65.159
4	1.33	9.557	74.716
5	1.12	8.063	82.780
6	1.02	7.348	90.127
7	0.42	3.006	93.133
8	0.35	2.520	95.653
9	0.25	1.780	97.433
10	0.14	1.019	98.452
11	0.10	0.694	99.146
12	0.06	0.442	99.588
13	0.03	0.234	99.822
14	0.02	0.178	100.000

Table II. Initial matrix of principal components of productivity factors in silk production in Karnataka.*Tableau II. Matrice initiale pour les principaux composants des facteurs de productivité dans la production de soie au Karnataka.*

Variables	Component loadings / Parts des composants					
	1	2	3	4	5	6
Mulberry leaf yield (kg) / ha / Rendement en feuilles de mûrier (kg) / ha	0.832	-0.219	-0.038	0.082	-0.028	-0.342
Perc ent of irrigated mulberry garden / Pourcentage de mûraies irriguées	0.560	-0.376	0.249	-0.327	0.085	-0.141
No. of bivoltine dfls brushed for one hectare / Nbre de pontes saines bivoltines levées pour un hectare	0.622	0.090	0.477	-0.001	-0.517	0.142
No. of crossbreed dfls brushed for one hectare / Nbre de pontes croisées levées pour un ha	0.866	-0.216	-0.055	0.340	-0.003	-0.057
No. of CSR hybrids dfls brushed / Nbre de pontes hybrides CSR levées	0.743	0.506	0.075	-0.301	0.190	-0.051
Bivoltine cocoon yield (kg) / ha / year / Rendement en cocons bivoltins (kg) / ha / année	0.523	0.331	0.623	0.059	-0.411	0.086
Crossbreed cocoon yield (kg) / ha / year / Rendement en cocons croisés (kg) / ha / année	0.886	-0.066	-0.073	0.386	0.028	0.037
Crossbreed cocoon yield (kg) / 100 dfls/ Rendement en cocons croisés (kg) / 100 pontes saines	0.571	-0.022	-0.227	0.541	0.156	0.459
CSR hybrid cocoon yield (kg) / 100 dfls / Rendement en cocons hybrides CSR (kg) / 100 pontes saines	0.698	-0.010	0.392	-0.012	0.080	0.285
Per cent of bivoltine silk production / Pourcentage de production de soie bivoltine	-0.750	0.150	0.565	0.094	0.098	-0.012
Rendita for bivoltine cocoons / Rendement à la bassine pour les cocons bivoltins	-0.112	-0.265	-0.272	-0.521	-0.223	0.676
Rendita for crossbreed cocoons / Rendement à la bassine pour les cocons hybrides	-0.097	-0.291	0.455	0.088	0.698	0.281
No. of farmers / Technical Service Centre / Nbre de fermiers / Centre de Service Technique	0.657	0.623	-0.086	-0.217	0.244	-0.011
No. of farmers / cocoon market / Nbre de fermiers / marché aux cocons	0.637	0.560	-0.059	-0.333	0.292	-0.009
Percentage variation explained / Pourcentage de variation expliquée	35.061	16.477	13.621	9.557	8.063	7.348

Table III. Rotated principal component matrix of productivity factors in silk production in Karnataka.

Tableau III. Matrice pivot pour les principaux composants des facteurs de productivité dans la production de soie au Karnataka.

Variables	Component loadings / Parts des composants					
	1	2	3	4	5	6
Mulberry leaf yield (kg) / ha / Rendement en feuilles de mûrier (kg) / ha	0.515	0.255	0.593	0.183	-0.241	-0.304
Per cent of irrigated mulberry garden / Pourcentage de mûraie irriguée	0.137	0.022	0.955	0.136	0.104	0.066
No. of bivoltine dfls brushed for one hectare / Nbre de pontes saines bivoltines levées pour un hectare	0.187	0.233	0.215	0.889	-0.143	0.030
No. of crossbreed dfls brushed for one hectare / Nbre de pontes croisées levées pour un hectare	0.778	0.261	0.409	0.255	-0.081	-0.220
No. of CSR hybridsdfls brushed / Nbre de pontes hybrides CSR levées	0.170	0.597	0.151	0.282	-0.051	-0.075
Bivoltine cocoon yield (kg) / ha / year / Rendement en cocons bivoltins (kg) / ha / année	0.054	0.239	0.031	0.932	-0.025	-0.137
Crossbreed cocoon yield (kg) / ha / year / Rendement en cocons croisés (kg) / ha / année	0.829	0.255	0.264	0.287	-0.045	-0.200
Crossbreed cocoon yield (kg) / 100 dfls / Rendement en cocons croisés (kg) / 100 pontes saines	0.909	0.198	-0.123	0.110	0.194	0.073
CSR hybrid cocoon yield (kg) / 100 dfls / Rendement en cocons hybrides CSR (kg) / 100 pontes saines	0.364	0.342	0.314	0.539	0.294	0.069
Per cent of bivoltine silk production / Pourcentage de production de soie bivoltine	-0.653	-0.334	-0.367	0.089	0.450	-0.202
Rendita for bivoltine cocoons / Rendement à la bassine pour les cocons bivoltins	-0.044	-0.087	0.065	-0.048	-0.054	0.957
Rendita for crossbreed cocoons / Rendement à la bassine pour les cocons hybrides	-0.004	-0.051	0.177	-0.102	0.911	-0.020
No. of farmers / Technical Service Centre / Nbre de fermiers / Centre de Service Technique	0.224	0.921	-0.042	0.150	-0.074	-0.071
No. of farmers / cocoon market / Nbre de fermiers / marché aux cocons	0.148	0.939	0.049	0.112	-0.032	-0.014
Percentage variation explained / Pourcentage de variation expliquée	35.061	16.477	13.621	9.557	8.063	7.348

The third component explained 13.62% of the total variation in the correlation matrix. The variables related to mulberry were the key factors loaded in the third component. The factor loading was the maximum with 0.955 in case of per cent of irrigated mulberry garden followed by mulberry productivity (0.593). The other components explained less than 10% of the total variation only. The fourth component which explained only 9.56% of the total variation expressed the factors related to bivoltine cocoon production namely, bivoltine cocoon yield per hectare, number of bivoltine dfls brushed per hectare and cocoon yield per 100 dfls for CSR hybrids. The fifth and sixth components had only one key factor namely, *rendita* for bivoltine cocoons and *rendita* for crossbreed cocoons, respectively.

SUMMARY AND CONCLUSION

Factor analysis technique was used to study the factors, which collectively impinge on the productivity of silk in various districts of Karnataka in India. Fourteen variables were evaluated to examine better explanation of the factors influencing the productivity. The analysis indicated that the crossbreed cocoon yield per hectare and 100 dfls were the most important variables contributing to the productivity in Karnataka. The studies conducted on yield gap in cocoon production by Datta *et al.*, (1999) indicated that only 55.52% of the potential yield was realized by the farmers in crossbreed cocoon production in the high productive areas of Karnataka. The yield realization of the farmers in low productive areas was still less with 49.68%. This has revealed that there is a lot of scope to improve the productivity in the state. It is not just enough to increase the cocoon yield per 100 dfls to improve the raw silk production but it is required to increase the cocoon production per unit area of mulberry. Systematic efforts should be taken up to increase the yield levels of mulberry and cocoon by strengthening extension system, developing infrastructure facilities such as chawki rearing centers, cocoon markets and training centers especially in non-traditional areas and intensifying need based training and demonstrations.

One of the reasons attributable for the low productivity is the use of the crucial inputs required for the yield and quality improvement in mulberry as well as cocoon production at sub-optimal level by the farmers (Geetha *et al.*, 1997, Datta *et al.*, 1999 and Srinivasa *et al.*, 2002). Further, the sericulture inputs were available under different brand names without any quality specifications (Jayaram *et al.*, 1996). This calls for the attention of the policy makers to ensure timely and adequate supply of necessary quality inputs from the authenticated sources to the farmers. Educating the farmers on optimum use of the inputs is also equally necessary.

One of the impediments in sericulture development is related to inadequate training on the latest technologies and extension methodologies for manpower involved in sericulture extension (Kawakami, 2002). The State Training Schools are to be improved and practice oriented curriculum is to be developed for training on improved sericulture practices and extension methodologies.

The problems in sericulture development are area specific (Dwarkinath *et al.*, 1994 and Panda, 1996). As sericulture is popularized in Karnataka in different regions having varying agro-climatic, environmental and socio-economic conditions, area specific issues need to be identified and on-farm research should be assigned priority

REFERENCES

- DATTA R. K., VIJAYA PRAKASH N. B., KUMARESAN P., LAKSHMANAN S., JAYARAM H & SRINIVASA G. (1999) A study on yield gap in sericulture, Project report submitted to Central Silk Board, India.
DEPARTMENT OF SERICULTURE (2001) Annual Report 2000-01, Government of Karnataka, Bangalore, India.

- DWARAKINATH R., SETHU RAO M. K. & HANUMAPPA P. (1994) Guide to Sericulture Extension, Central Silk Board, Bangalore.
- GEETHA G. S., SRINIVASA G., VISWANATH KANANTHA & GEETHA DEVI R. G. (1997) Knowledge, attitude and adoption of sericulture technology – A study in southern states, Project report submitted to Central Silk Board, Bangalore, India.
- HARRIS R. J. (1975) A primer of multivariate statistics, Academic Press Inc., London.
- JAYARAM H., GANAPATHI RAO, R. LAKSHMANAN S. & MALLIKARJUNA B. (1996) Role of input delivery system in sericulture – An empirical study, Project report submitted to Central Silk Board, Bangalore, India.
- KAWAKAMI K. (2002) A promise towards sustainable production of bivoltine silk in India, Workshop on Promotion of Bivoltine Sericulture Technology under PPPBST Project, March 7-8 2002 held at Central Sericulture Research and Training Institute, Mysore, India.
- LAKSHMANAN S., JAYARAM H., GANAPATHI RAO R., MALLIKARJUNA B. & GEETHA DEVI R. G. (1998) Manpower utilization in mulberry sericulture: An empirical analysis, *Manpower Journal*, XXXIII (4): 49-63.
- PANDA R. C. (1996) Efficiency and productivity – The case of sericulture farms in Tamil Nadu, *Indian Journal of Agricultural Economics*, 51(3): 355-364.
- SRINIVASA G., KUMARESAN P. & VIJAYA PRAKASH N. B. (2002) An Economic Analysis of input use efficiency in cocoon production, Project report submitted to Central Silk Board, Bangalore, India.

EVALUATION DES FACTEURS DE PRODUCTIVITE DANS LA SERICICULTURE AU KARNATAKA EN INDE

P. KUMARESAN & H. JAYARAM

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

On a utilisé la technique d'analyse des facteurs dans cette étude pour examiner les facteurs qui influencent la productivité de la soie dans des régions variées du Karnataka, le principal état produisant de la soie en Inde. Parmi les quatorze variables évaluées, le rendement en cocons par hectare et pour 100 pontes saines est la variable la plus importante qui contribue à la productivité dans le Karnataka.

INTRODUCTION

La sériciculture occupe une place unique dans l'économie indienne et elle a d'autant plus d'importance qu'elle permet de diminuer la pauvreté dans les zones rurales. Elle est tout à fait adaptée dans le contexte de diversification des fermes et de leur intégration aux autres entreprises et elle a la capacité de dégager des revenus intéressants. Il y a sculment quelques autres entreprises agricoles qui peuvent égaler la sériciculture pour fournir des emplois aux pauvres dans les zones rurales. La sériciculture fournit 1 138,95 journées ouvrées par année par hectare (Lakshmanan et coll., 1998). Ces caractéristiques ont poussé les décideurs à multiplier les entreprises séricoles dans tout le pays comme une réponse adaptée au chômage rural et au faible revenu per capita.

L'Inde est le deuxième plus grand producteur de soie mûrier, après la Chine, elle représente plus de 15 % de la production de soie grège globale. La production totale annuelle de soie grège en Inde est de 15 440 tonnes, dont environ 13 940 tonnes sont représentées par la production de soie grège mûrier en 1999-2000. La sériciculture du mûrier est pratiquée dans presque tous les états du pays mais le Karnataka, l'Andhra Pradesh, le Bengale Ouest, et le Tamil Nadu représentent environ 98,20 % de la production de soie mûrier totale dans le pays. Le Karnataka est le principal état produisant de la soie dans le pays avec une production de 8 120 tonnes en 1999-2000, ce qui représente environ 58 pour-cent de la production de soie grège totale dans le pays. Au Karnataka, environ 260 000 fermiers sont engagés dans la sériciculture et ont cultivé le mûrier sur 120 000 hectares en 1999-2000.

La productivité et la qualité de la soie produite en Inde sont comparativement inférieures à celle des pays avancés produisant de la soie tels que la Chine, le Japon et le Brésil. Comme le coût de production de la soie est aussi plus élevé, la soie importée des autres pays surtout de Chine est meilleur marché que la soie domestique. Il se pourrait que l'industrie séricole indienne soit touchée de manière négative par l'application des lois du commerce mondial libre. L'Inde ne pourra répondre aux défis avec succès qu'en améliorant la qualité, en diminuant les coûts de production et en augmentant la productivité (Annual Report, Department of Sericulture, Karnataka, 2001). Dans ce contexte, nous avons réalisé cette étude pour examiner les facteurs contribuant à la productivité de la sériciculture dans l'état du Karnataka en Inde.

METHODOLOGIE

L'étude a été réalisée à dessein dans l'état du Karnataka, puisque c'est le premier état produisant de la soie en Inde. Les données nécessaires à l'étude sont recueillies à partir du rapport annuel du Département de la Sériciculture du Gouvernement du Karnataka pour l'année 2000-01 et à partir de rapports variés publiés par le Département de la Sériciculture. On recueille les données concernant les surfaces de mûriers par région, la production de pontes saines, la production de cocons, la production de soie grège, les centres de Service Technique et les marchés à cocons pour la période 2000-01.

Analyse des facteurs :

L'analyse des facteurs est une technique statistique multifactorielle qui détermine le nombre et la nature de la variable sous-jacente parmi un grand nombre de mesures. Plus succinctement, on utilise l'analyse des facteurs pour l'identification des caractères clés à partir d'une mosaïque de relations qui s'enchevêtrent et pour réduire un lot d'un grand nombre de variables à une taille convenable de facteurs sous-jacents, ce qui est difficile à réussir avec d'autres techniques analytiques (Harris, 1975). Les inter-corrélations entre certaines ou toutes les variables explicatives dans l'analyse de régression multiple augmentent les écarts types des coefficients de régression et rendent l'analyse instable. On emploie l'analyse des facteurs des variables indépendantes pour surmonter les problèmes de multi-collinéarité dans l'analyse de régression.

On emploie la solution des composants principaux dans cette étude pour déterminer les facteurs qui affectent collectivement la productivité de la soie dans plusieurs zones du Karnataka en Inde. Le modèle des composants principaux est exprimé en tant que :

$$S_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p$$

où X_1, X_2, \dots, X_p sont les variables aléatoires p à l'étude et $i = 1, 2, \dots, p$.

Les coefficients $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip}$ sont choisis de sorte que la variable aléatoire nette S_1 a une variance aussi large que possible. On choisit les coefficients pour S_2 de sorte que la variance de cette variable combinée soit aussi large que possible, à condition que les résultats pour S_1 et S_2 (dont la variance a déjà été maximisée) ne soient pas liés. Les variables aléatoires X sont ainsi transformées en nouvelles variables aléatoires non liées, qui représentent autant de variation possible dans l'ordre descendant. La variable aléatoire S_1 est la plus informative parce que les poids sont disposés d'une telle manière qu'elle capture la variance maximum des variables aléatoires X_1, X_2, \dots, X_p . Il est donc possible de calculer un indice plus informatif (S_1) à partir d'un lot de mesures d'efficacité observables. En fait, les indices non liés p peuvent être construits pour expliquer autant de variance que possible dans les données originales dans l'ordre descendant.

On utilise le système informatique SPSS Windows version 7.5 pour l'analyse des données. Dans cette étude, on suit la méthode de rotation des facteurs pour extraire les dimensions, qui expliquent la part de la variance totale. On fait tourner la solution orthogonale initiale par la méthode varimax.

Dans cette étude, on soumet les 14 variables suivantes à l'analyse des composants principaux pour mieux comprendre les facteurs influençant la productivité dans la sériciculture au Karnataka.

- Rendement en feuilles de mûrier (kg) par hectare
- Pourcentage de mûraies irriguées
- Nombre de pontes saines bivoltines levées pour un hectare
- Nombre de pontes saines croisées levées pour un hectare
- Nombre de pontes hybrides CSR levées
- Rendement en cocons bivoltins (kg) par hectare par année

- Rendement en cocons croisés (kg) par hectare par année
- Rendement en cocons croisés (kg) / 100 pontes saines
- Rendement en cocons hybrides CSR (kg) / 100 pontes saines
- Pourcentage de production de soie bivoltine
- Rendement à la bassine obtenu à partir de cocons bivoltins
- Rendement à la bassine obtenu à partir de cocons croisés
- Nombre de fermiers / Centre de Service Technique
- Nombre de fermiers / marché aux cocons

RESULTATS ET DISCUSSION

La variance absolue (valeur propre) et le pourcentage de variation expliqués par chaque composant sont présentés dans le Tableau I. On conçoit une matrice de corrélation de 14×14 et on considère initialement chaque variable comme un facteur en lui-même. De cela, on n'extrait que 6 composants dans l'analyse, qui rassemblés expliquent 90,12 % des variations totales. Cependant, on n'explique la variation importante que par les trois premiers composants. On calcule que la variation cumulative des trois premiers composants est de 65,16 %.

Les résultats pour les parts initiales des facteurs dans l'analyse des composants principaux pour les facteurs de productivité relatifs à la production de soie grège sont présentés dans le Tableau II. Le tableau donne les parts des composants et le pourcentage de variation expliqué par chaque composant. Le premier composant explique 35,06 % de la variation, dans laquelle toutes les variables sauf le rendement à la bassine des cocons bivoltins et le rendement à la bassine des cocons polyvoltins ont des parts importantes. On peut aussi observer que toutes les variables clés sauf le pourcentage de production de soie grège bivoltine ont une association positive avec les autres variables pour le premier composant. Le pourcentage de production de soie grège bivoltine n'a pas une part plus importante comme on aurait pu s'y attendre pour le premier composant. Cela pourrait être dû à la variation plus élevée de la part de la production de soie bivoltine entre les zones au Karnataka. A nouveau, la proportion de production de soie bivoltine comparée à la production de soie hybride est négligeable dans de nombreuses zones principales produisant de la soie. Les deux autres variables qui ont une association négative avec les autres variables pour le premier composant, sont le rendement à la bassine des cocons bivoltins et le rendement à la bassine des cocons polyvoltins. Mais ces deux variables, n'ont pas une part importante pour le premier composant. Il n'y a pas beaucoup de concentration des facteurs pour les autres composants.

Comme les rotations des facteurs permettent d'identifier les facteurs importants qui influencent les variables dépendantes, en réduisant l'information à une taille convenable, on fait défiler les principaux composants initiaux par la méthode varimax et les résultats pour les parts des facteurs qu'on fait défiler concernant les facteurs de productivité dans la production de soie grège au Karnataka sont présentés dans le Tableau III. Le premier composant explique 35,06 % de la variation totale dans la matrice de corrélation. Le nombre de pontes saines croisées levées par hectare, le rendement en cocons croisés par hectare et le rendement en cocons croisés pour 100 pontes saines sont les variables clés positivement associées pour le premier composant. Toutes les variables liées à la production de cocons croisés sauf le rendement à la bassine pour les cocons croisés considérées pour l'étude ont des parts importantes pour le premier composant. Comme le rendement à la bassine dépend aussi de la technologie de dévidage, il pourrait ne pas avoir été inclus en tant que part importante pour le premier composant. Ainsi, le premier composant représente les facteurs de productivité liés à la production de cocons croisés. Sur la production totale de 8 200 tonnes de soie grège au Karnataka pendant l'année 2000-01, la production de soie hybride est de 7805,54 tonnes, ce qui représente environ 95,20 % de la production totale. Ce fait montre une contribution principale des variables liées à la productivité de la production de cocons croisés dans la production de soie dans l'état. Le pourcentage de production de soie bivoltine (-0,653), le rendement à la bassine pour les cocons bivoltins (-0,044) et le rendement

à la bassine pour les cocons croisés (- 0,004) sont inversement associés à d'autres facteurs pour le premier composant.

Il n'y a pas de polarisation des variables pour les autres composants comme dans le cas du premier composant. Le second composant explique 16,48 % de la variation dans la matrice de corrélation. Les facteurs institutionnels à savoir le nombre de fermiers par Centre de Service Technique (0,921) et le nombre de fermiers par marché aux cocons (0,939) sont des variables importantes pour le deuxième composant. On remarque un nombre élevé de fermiers par Centre de Service Technique et marché aux cocons dans les zones ayant une concentration séricicole élevée, où la qualité des infrastructures est meilleure que dans les autres zones pour le développement de la sériculture. Comme pour le premier composant, le pourcentage de production de soie bivoltine (- 0,334), le rendement à la bassine pour les cocons bivoltins (-0,087) et le rendement à la bassine pour les cocons croisés (- 0,051) sont inversement associés aux autres facteurs pour le deuxième composant.

Le troisième composant explique 13,62 % de la variation totale dans la matrice de corrélation. Les variables liées au mûrier sont les facteurs clés pour le troisième composant. La part du facteur est maximum avec 0,955 dans le cas du pourcentage de mûraies irriguées suivies par la productivité du mûrier (0,593). Les autres composants expliquent moins de 10 % de la variation totale. Le quatrième composant qui n'explique que 9,56 % de la variation totale exprime les facteurs liés à la production de cocons bivoltins à savoir, le rendement en cocons bivoltins par hectare, le nombre de pontes saines bivoltines levées par hectare et le rendement en cocons pour 100 pontes saines pour les hybrides CSR. Le cinquième et le sixième composant n'ont qu'un facteur clé à savoir respectivement le rendement à la bassine pour les cocons bivoltins et le rendement à la bassine pour les cocons croisés.

RESUME ET CONCLUSION

On a utilisé la technique d'analyse des facteurs pour étudier les facteurs qui ont un effet collectif sur la productivité de la soie dans plusieurs zones du Karnataka en Inde. On a évalué quatorze variables pour examiner une meilleure explication des facteurs influençant la productivité. L'analyse indique que le rendement en cocons croisés par hectare et pour cent pontes saines sont les variables les plus importantes contribuant à la productivité au Karnataka. Les études réalisées sur l'écart de rendement pour la production de cocons par Datta et coll., (1999) indiquent que seul 55,52 % du rendement potentiel est réalisé par les fermiers dans la production de cocons croisés dans les zones très productives du Karnataka. L'optimisation du rendement des fermiers dans les zones peu productives est encore moindre avec 49,68 %. Cela montre qu'il y a beaucoup de latitude pour améliorer la productivité dans l'état. Il ne suffit pas d'augmenter le rendement en cocons pour 100 pontes saines pour améliorer la production de soie grège mais il faut augmenter la production de cocons par unité de surface de mûrier. Il faudrait entreprendre des efforts systématiques pour augmenter les niveaux de rendement en mûriers et en cocons par un renforcement du système de vulgarisation, le développement des infrastructures telles que les centres d'élevage chawki, les marchés aux cocons et les centres de formation surtout dans les zones non traditionnelles, l'intensification de la formation s'appuyant sur les besoins et des démonstrations.

L'une des raisons expliquant la faible productivité est l'utilisation des intrants cruciaux nécessaires au rendement et à l'amélioration de la qualité chez le mûrier ainsi que la production de cocons à un niveau sous-optimal par les fermiers (Geetha et coll., 1997, Datta et coll., 1999 et Srinivasa et coll., 2002). De plus, les intrants en sériculture existent sous différentes marques sans aucun critère de qualité (Jayaram et coll., 1996). Cela devrait attirer l'attention des décideurs pour qu'ils s'assurent de la disponibilité opportune en intrants appropriés de qualité provenant de sources autorisées pour les fermiers. Il est également nécessaire d'éduquer les fermiers sur l'utilisation optimum des intrants.

L'une des entraves au développement de la sériciculture est liée à la formation inadaptée aux dernières technologies et aux méthodologies de vulgarisation des personnels impliqués dans la vulgarisation de la sériciculture (Kawakami, 2002). Il faudrait améliorer les écoles de formation de l'état et mettre au point des programmes axés sur le concret pour la formation sur des pratiques séricoles améliorées et sur les méthodologies de vulgarisation.

Les problèmes de développement de la sériciculture sont liés aux zones (Dwarkinath et coll., 1994 et Panda, 1996). Comme la sériciculture est popularisée au Karnataka dans différentes zones ayant des conditions agro-climatiques, environnementales et socio-économiques variées, il faut identifier les problèmes spécifiques aux zones et il faudrait accorder la priorité à la recherche dans les fermes.

STUDIES ON THE CHARACTERISTICS OF COCOONS IN DIFFERENT BREEDS OF SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

A. NASEEMA BEGUM, H. K. BASAVARAJA, A. K. PALIT, G. N. RAMASWAMY,
N. MAL REDDY, N. SURESH KUMAR & G. V. KALPANA

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

A study was carried out by utilising 24 silkworm breeds comprising of medium yield breeds i. e. 935 E, F HT, NB4D2, EHT, GHT, 916 B (Dumb-bell), A HT, B HT, A104, A1, A3, KA (Oval), (shell ratio 20-22%) and high yielding breeds JPN8, A70, 8 HT, CSR2, CSR3, CSR18 (Oval) and CSR6, CSR16, CSR19, B60, 5HT, B63 (Dumb-bell) (shell ratio 22 to 24%) for assessing the cocoon filament size deviation, boil-off loss ratio and neatness. The mean data of three seasons (comprising of summer, winter and rainy) was analysed using analysis of variance and the correlation between filament length and slope of the curve by the regression analysis. The mean cocoon filament size deviation in the oval breeds ranged from 1.58 (JPN8) to 2.92 (A104) as against 1.84 for the control (KA). The cocoon filament size deviation in the dumb-bell breeds ranged from 2.00 (935 E) to 2.93 (CSR16) as against 2.50 for the control (NB4D2). The boil-off loss ratio in oval breeds ranged from 22.2 to 25.8% as against 25.7% in the control and in dumb-bell breeds it was 24.4 to 26.7% as against 26.2% in the control. This clearly indicates that the boil-off loss ratio is higher in dumb-bell breeds than in the oval breeds. Neatness in oval breeds ranged from 91.3–91.8 p as against 91.2p in control (KA). In dumb-bell breeds it ranged from 91.3-91.8p as against 91.3p in the control (NB4D2). Eight oval breeds i. e., JPN8, A70, CSR18, B HT, A3, CSR2, CSR3 and A1 and seven dumb-bell breeds i.e. CSR6, CSR19, B60, B63, G HT, 916 B, 935 E were selected based on targeted traits. The cocoon filament size deviation, boil-off loss ratio and neatness in the selected oval breeds ranged from 1.58 to 2.92, 22.2 to 25.8 and 91.3-91.8p and in the dumb-bell breeds it was 2.00 to 2.93, 24.4 to 26.7 and 91.3–91.8p.

Keywords: Size deviation, boil-off loss ratio, neatness, silkworm, *Bombyx mori* L.

INTRODUCTION

India ranks second to China in silk production but the bulk of the production is multi × bivoltine silk which is qualitatively and quantitatively inferior (Datta, 1984). The quality of silk reeled at commercial level mainly depends on the quality of hybrid cocoons used. To assure the production of quality grade silk, breeders take utmost care to assess the quality parameters during the process of hybrid evaluation before they are commercially exploited. The quality of raw silk is mainly determined by the size deviation, neatness and cleanness of silk fibre. For producing gradable silk, one of the important traits is filament of less size deviation. The fine quality of cocoon filament is expressed by size. The size deviation is dependent on the fibre characters and it is important to produce uniform size cocoons to obtain uniformity in cocoon filament size (Mano, 1994). The cocoon filament size shows a marked variation with respect to cocoon layers. In most of the silkworm races, cocoon filament denier is coarse at the outer layer, increases to coarsest and reaching finest in the innermost layers (Kim, 1989). The cocoon filament size is related with size deviation of raw silk. The size of the filament is influenced by silkworm races, nutritional quality of mulberry leaves, season and

atmospheric temperature. Heavy weight larvae produce filament of higher denier. High temperature during cocoon formation and mounting immature larvae produce filaments of smaller size (Mahadevappa *et al.*, 2000). The average denier of cocoon filament shows variation within the cocoon, among the cocoons, cocoons of the same lot and also among races. In a single cocoon the filament size deviation shows variation from outer layer to the inner layer (Kim, 1989).

The average denier of a single filament and its variation is an important factor in the production of required denier in raw silk yarn of better evenness. Silkworm races superior in quantitative characteristics but with a higher degree of variation in cocoon filament size deviation are not suitable to the silk reeling industry. The small variation in the cocoon filament denier for successive length measurements, allows the enhancement of the grade of raw silk yarn. Gradual variation in denier also helps in maintaining better evenness character of raw silk thread making the reeling process easier for the reeler (Mahadevappa *et al.*, 2000). Denier decreases gradually from outer to the inner layer in case of Pure Mysore, Nistari, Mysore princess, Nan-Nung 6 D, *C. nichi*, NB4D2, NB18, KA, KSO-1 and NP2 and in PM × *C. nichi*, PM × NB4D2, Nistari × NB4D2 and KA × NB4D2 (Halliyal *et al.*, 1998).

In advanced countries, size deviation is considered as one of the parameters for assessing the quality of a particular hybrid combination (Halliyal *et al.*, 1998). The yarn having more size deviation results in a fabric having a bad appearance. The raw silk yarn with maximum size deviation results in more breaks during the manufacture of fabric, thus creating fabrics with more number of knots (Sonwalkar, 1998). The study of cocoon filament size deviation is of paramount importance in evaluating silkworm breeds for quality silk production.

The sericin percentage varies with the races. Races having more sericin percentage are not considered economical. Sericin present in the cocoon binds the filament layers of cocoons and is responsible for the compact built of the cocoons. Fibroin content in the cocoon is 70-80%, while sericin is 20-30% and also contains secondary ingredients such as waxy matter (0.4-0.8%), carbohydrates (1.2-1.6), pigments (0.2%) inorganic matter (0.7). Sericin adheres to the outer surface of fibroin in an irregular fashion and is very much like the animal glue which protects and glues up the fibroin. Therefore, the assessment of degumming of sericin is very essential during hybrid evaluation.

A significant difference has been observed for the neatness character in polyvoltine × bivoltine and bi × bi hybrids. In polyvoltine × bivoltine hybrid, the neatness ranges from 70-85 points and in bi hybrids, it is 85-95 points. Because of the low neatness in multi × bi hybrid, silk is used only in weft and not in warp during weaving of silk yarn in high quality fabrics (Sonwalkar, 1992). Therefore, neatness study is considered as an important qualitative trait during breeding of silkworm.

Keeping in view of the importance, the present study was undertaken to understand the cocoon filament size deviation, boil-off loss ratio and neatness in the bivoltine silkworm breeds.

MATERIALS

Twenty-four parental breeds comprising of twelve oval breeds i. e. A1, A3, A HT, A70, A104, B HT, CSR2, CSR3, CSR18, 8HT, JPN8 and KA (control). Twelve dumb-bell breeds i. e. B60, B63, 916 B, CSR6, CSR16, CSR19, E HT, 935 E, F HT, G HT, 5 HT and NB4D2 (control) were utilised for studying the cocoon filament size deviation, boil-off loss ratio and neatness. The silkworm breeds were reared three times (2000-2001) in five replications of one disease free laying in each replication. At the end of each rearing, the cocoons were utilised for studying the above traits. Rearing was carried out during August-September (rainy season), Jan-Feb. (winter season) and May-June (summer) by following standard rearing methods (Krishnaswami, 1978).

METHODS

1) Characteristics of cocoons:

Single cocoon weight, shell weight and shell ratio:

Ten female and ten male cocoons were selected randomly from each replication and weight of the cocoons and their shells were recorded separately. Based on the average weight of twenty cocoons and shells, the single cocoon weight and single shell weight was calculated.

$$\text{Shell ratio \%} = \frac{\text{Weight of the cocoon shell}}{\text{Weight of the entire cocoon}}$$

Boil-off loss ratio:

In each breed, five female cocoon shells and five male cocoon shells were selected in all the five replications for estimating boil-off loss ratio. Boil-off loss ratio was carried out by following the methodology published earlier (Basavaraja *et al.*, 2000).

Two step boiling method as explained below was employed for the degumming of the cocoon shells.

First degumming:

The liquor solution of the soap and soda was boiled in a copper vessel. When the boiling media solution reached the boiling point ($> 95^{\circ}\text{C}$), the cocoon shell sample bags were immersed completely in boiling media and kept tightly closed for 40 minutes. At every 10 minutes, the sample bags were turned up and down for uniform and effective degumming.

Second degumming:

In another container, the boiling media of the required concentration was prepared and kept ready at boiling point ($> 95^{\circ}\text{C}$) to transfer the sample material after the first boiling. Immediately after 40 minutes of the first boiling, the sample bags were removed and squeezed to remove the excess liquor solution and transferred to the second bath. The degumming was carried out for another 40 minutes similar to the first degumming as explained above.

Rinsing:

Immediately after the second boiling, the sample bags with the degummed shells were rinsed for a minute in an already prepared boiling alkaline solution of 0.1% sodium carbonate.

Washing:

After rinsing in 0.1% sodium carbonate solution, the sample bags with cocoon shells were washed thoroughly (15 minutes) in running water using a washing machine. Then, they were dried in the washing machine itself for 5 minutes to remove the excess moisture.

Drying and weighing:

The degumming cocoon shells were transferred to perforated paper envelopes and kept for drying in the oven at 105°C for 5 hours. The dried sample packets were transferred to the dessicator for half an hour for absorption of excess moisture before recording the dry weight of the degummed shells.

The weights of the degummed shells were recorded in an electronic balance and boil-off loss ratio was calculated by the following formula.

$$\text{Boil-off loss ratio} = \frac{\text{Initial dry weight of shells} - \text{Final dry weight of shells}}{\text{Initial dry weight of shells}} \times 100$$

2) Reeling traits:

a) Raw silk percentage:

It is the percentage of raw silk to the quantity of fresh cocoons from which raw silk is reeled.

$$\frac{\text{Weight of raw silk reeled} + \text{converted silk weight of carry over cocoons}}{\text{Weight of cocoons taken for reeling}} \times 100$$

b) Cocoon filament length:

This character was calculated based on the average length of the filament that can be unwound from the cocoons without breaks.

$$\text{Filament length} = \frac{\text{Total filament length}}{1 + \text{number of breaks}}$$

c) Reelability:

The reelability denotes the percentage in ratio of length of non-broken filament to the entire length of the cocoon filament.

$$\text{Reelability \%} = \frac{\text{Number of reeling cocoons}}{\text{Number of feeding ends}} \times 100$$

d) Cocoon filament size:

In each breed, 90 cocoons were selected for estimating cocoon filament size deviation. The cocoons were dried in a hot air oven for a period of 5 hours by the temperature profile as following: 100° C (1 hour), 90° C (1 hour), 80° C (1 hour), 70° C (1 hour), 60° C (1 hour).

Thereafter the cocoons were conditioned at room temperature for 48 hours. Cocoon cooking was carried out by the three pan cooking system.

First pan – 45° C – 60 seconds.

Second pan – 65° C – 120 seconds.

Third pan – 95° C – 60 seconds.

The cocoons were cooled and brought to a reeling temperature of 40° C by sprinkling cold water. The cocoons were reeled using approuvette having a circumference of one metre. The reeling speed was 120 to 150 metres / min. During reeling every 100 m length was taken as unit by taking into consideration of the outer layer to the inner layer. In each breed, a total of 30 cocoons were individually reeled. After the completion of reeling, the total length of the filament was recorded. The reeled silk was dried in a hot air oven at a temperature of 70° C for 24 hours duration. Thereafter, the silk filaments were transferred to a dessicator for further moisture absorption before recording the weight of the silk. The weight of the silk filament was recorded using an electronic balance. The weight of 100m length of silk filament was recorded by taking into consideration of the innermost layer to the outer layer. Denier of the silk filament was measured geometrically by taking a constant of 450 meters and weighing it in units of denier i. e. 9000 m in gram unit. Denier is nothing but weight of 9000 meters in gram. Denier of the silk filament was calculated by using the formula

$$\text{Cocoon filament size} = \frac{\text{Conditioned weight of raw silk}}{\text{Total length of raw silk}} \times 9000$$

e) Single cocoon filament size:

Denier of the silk filament was measured geometrically by taking a constant of 100 meters and weighing it in units of denier i. e. 100 meters in gram unit.

$$\text{Single cocoon filament size / 100 m} = \frac{\text{Weight of the silk}}{\text{Total length of the filament (100m)}} \times 9000$$

f) Neatness:

In each breed a total of 300 cocoons from five replications were reeled in a multi-end reeling machine at the Silk and Fibre Technology Division of Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore. After reeling, the silk was loaded in 10 panels and neatness points were scored by comparing with the standard values.

The data were analysed using regression analysis (least square method). The correlation between filament length vs slope was estimated. Slope of the denier curve was calculated from the following formula

$$B = \frac{\sum xy - \sum x \sum y}{n}$$

$$\frac{\sum x - (\sum x)}{N}$$

The rearing and reeling data were further analysed using Analysis of Variance (ANOVA).

RESULTS

Data analysed (ANOVA) on ten economic traits and the mean values in oval breeds are presented in Table I and III. Higher values for different traits were recorded in silkworm breeds. However, the average size (targeted trait) in the oval breeds ranged from 1.86 (CSR18) to 2.38 (AHT) (Table V) as against 2.61 in control (KA), boil-off loss ratio ranged from 22.2 (JPN8) to 25.8% (CSR2) as against 25.7% in control (KA), neatness points ranged from 91.3 (8 HT) to 91.8p (CSR2, CSR3 and CSR18) as against 91.2p in control (KA). The breed CSR18 which recorded lower values (2.15) for size range also recorded significant higher values for shell weight (0.373 g), shell ratio (22.13%) and filament length (1039 m).

Data analysed on ten economic traits for the dumb-bell breeds and the mean values are presented in Tables II and IV. The average size (targeted trait) ranged from 2.05 (CSR6) to 2.66 (5 HT) (Table VI) as against 2.46 in control (NB4D2), boil-off loss ratio ranged from 24.4 (916 B) to 26.7% (CSR19) as against 26.2% in control (NB4D2), neatness points ranged from 91.3 (F HT) to 91.8p (CSR6, B60, 5 HT) as against 91.3p in control (NB4D2). However, the breed CSR6 which recorded lower size deviation values also showed significant values for shell ratio (22.46%).

Results of regression co-efficient analysis indicating average filament length, maximum, minimum, average filament size deviation and size deviation range are presented in Table V and VI. Among the oval breeds the filament length ranged from 1005 (B HT) to 1383 m (JPN8) as against 963m in control (KA), maximum filament size ranged from 2.94 (CSR18) to 3.80 (A 104) as against 3.53 in control (KA), minimum filament size range from 0.78 (A70, CSR2 and CSR8) to 1.44 (JPN8) as against 1.69 in control (KA), average filament size ranged from 1.86 (CSR18) to 2.38 (A HT) as against 2.61 in (KA) and size range, ranged from 1.58 (JPN8) to 2.92 (A 104) as against 1.84 in (KA). The slope of the filament ranged from -0.00256 (A 104) to -0.00118 (JPN8) as against -0.00221 in (KA).

Table I. Mean performance of three trials (oval).

Tableau I. Performance moyenne de trois essais (ovales).

Breed	Pupation Rate	Cocoon weight	Shell weight	Shell ratio	Raw silk	Filament length	Reelability	Average filament size	Boil-off loss ratio	Neatness
	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)	(m)	(%)	(d)	(%)	(p)
Lignée	Taux de nymphose	Poids du cocon	Poids de la coque	Richesse soyeuse	Soie grège	Longueur du filament	Dévidabilité	Titre moyen du filament	Ratio de perte au décreusage	Netteté
	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)	(m)	(%)	(d)	(%)	(p)
A1	82.7 (65.42)	1.752*	0.368*	21.01ns	15.63ns	1011ns	78.9 (62.76)	2.10**	24.46*	91.6ns
A3	82.3 (65.12)	1.841**	0.360ns	19.58	13.38ns	876ns	71.1 (57.53)	2.15**	24.69ns	91.7ns
A70	85.3 (67.46)	1.587ns	0.390**	24.55**	14.77ns	1073*	74.6 (59.75)	2.16**	25.50ns	916ns
A104	79.2 (62.87)	1.710ns	0.404**	23.60**	16.61*	920ns	78.4 (62.31)	2.35ns	25.16ns	91.5ns
AHT	81.8 (64.75)	1.821**	0.355NS	19.47	14.40NS	958ns	79.4 (63.01)	2.38ns	24.35ns	24.35*
BHT	86.8 (68.78)	1.806**	0.368*	20.36ns	16.63ns	912ns	78.3 (62.28)	2.22*	24.55*	91.5ns
8HT	78.8 (62.58)	1.766	0.388	21.98	14.93ns	928ns	74.9 (59.93)	2.30ns	25.07ns	91.3ns
CSR2	80.1 (63.58)	1.741*	0.388**	22.31*	16.42	1016ns	75.7 (60.47)	2.12**	25.87ns	91.8*
CSR3	83.0 (65.65)	1.858**	0.438**	23.56**	18.83*	1092*	75.8 (60.53)	2.06**	25.79ns	91.8*
CSR18	86.2 (68.19)	1.684ns	0.373*	22.13*	15.16ns	1039*	81.6 (64.60)	1.86**	25.02ns	91.8*
JPN8	86.0 (68.03)	1.769*	0.389**	22.00*	15.11ns	1230**	74.90 (59.97)	2.24*	22.18**	91.6ns
Ka©	80.3 (63.65)	1.551	0.310	19.97	12.59	829	75.8 (60.53)	2.61	25.68	91.2
CD at 5%	-	0.166	0.051	1.90	3.06	206	-	0.32	1.02	0.5
CD at 1%	-	0.225	0.071	2.57	4.14	279.0	-	0.44	1.39	0.7
CV%	7.40	5.66	7.95	5.18	12.26	12.45	7.10	8.60	2.44	0.35

(Values in parentheses are angular transformed / Les valeurs entre parenthèses sont transformées de manière angulaire.)

** Significant at 1% level / Significatif au seuil de 1%. * Significant at 5% level / Significatif au seuil de 5%.
Ns: Non significant / Non significatif.

Among the dumb-bell breeds the average filament length ranged from 853 (935E) to 1094m (CSR6) as against 857m in control (NB4D2), maximum filament size deviation ranged from 3.33 (935 E) to 3.98 (5 HT) as against 3.81 in control (NB4D2), minimum filament size deviation ranged from 0.75 (CSR6) to 1.39 (G HT) as against 1.10 in control (NB4D2), average filament size deviation ranged from 2.05 (CSR6) to 2.66 (5HT) as against 2.46 in (NB4D2) and size deviation range, ranged from 2.00 (935 E) to 2.93 (CSR16) as against 2.71 in (NB4D2). The slope of the filament ranged from -0.00300 (F HT) to -0.00192 (CSR19) as against -0.00313 in (NB4D2).

Table II. Mean performance of three trials (dumbbell).

Tableau II. Performance moyenne de trois essais (cintrés).

Breed	Pupation rate	Cocoon weight	Shell weight	Shell ratio	Raw silk	Filament length	Reelability	Average filament size	Boil-off loss ratio	Neatness
	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)	(m)	(%)	(d)	(%)	(p)
Lignée	Taux de nymphose	Poids du cocon	Poids de la coque	Richesse soyeuse	Soie grège	Longueur du filament	Dévidabilité	Taille moyenne du filament	Ratio de perte au décreusage	Netteté
	(%)	(g)	(g)	(%)	(%)	(m)	(%)	(d)	(%)	(p)
B60	48.7 (43.68)	1.707ns	0.356ns	20.84ns	16.42ns	942ns	77.0 (61.34)ns	2.35ns	26.50	91.8ns
B63	70.7 (57.28)	1.594	0.361ns	22.64**	15.29ns	941ns	816 (64.62)ns	2.32ns	25.97ns	91.6ns
916B	76.2 (60.80)	1.700	0.326	19.17	14.55ns	782	74.1(59.44)	2.64	24.44**	91.6ns
CSR6	76.8 (61.21)	1.638	0.368ns	22.46**	16.00ns	976ns	77.1(61.41)ns	2.05**	26.65	91.8ns
CSR16	81.9 (64.82)	1.648	0.340	20.63	15.87ns	888ns	77.2 (61.48)ns	2.31ns	25.28*	91.7ns
CSR19	81.9 (64.75)	1.503	0.315	20.94ns	16.58ns	895ns	70.2 (56.91)	2.21*	26.67	91.6ns
E HT	82.3 (62.12)	1.829*	0.385*	21.03ns	15.55ns	920ns	77.6 (61.79)ns	2.65	25.09*	91.4ns
935E	78.2 (62.23)	1.770ns	0.344	19.43	13.92	836	77.8 (61.89)ns	2.33ns	24.97**	91.5ns
F HT	85.6 (67.70)	1.687	0.345	20.46	15.85ns	904ns	75.7 (60.49)ns	2.52	26.54	91.3ns
G HT	72.0 (58.09)	1.691	0.340	20.12	13.93	846	71.4 (57.67)	2.59	25.39ns	91.5ns
S HT	67.4 (55.18)	1.788ns	0.390**	21.80**	14.25ns	853	78.1 (62.10)ns	2.66	26.12ns	91.8ns
NB ₄ D ₂	85.9 (67.94)	1.703	0.352	20.69	14.1911	857	75.1 (60.07)	2.46	26.22	91.3
(C)										
CD at 5%	(8.8)	0.108	0.027	0.80	2.63	151.0	(6.7)	0.22	0.85	0.63
CD at 1%	(11.9)	0.147	0.037	1.08	3.58	205.0	(9.0)	0.30	1.16	0.86
CV %	8.51	3.79	4.92	2.26	10.22	10.02	6.47	5.38	1.94	0.41

(Values in parentheses are angular transformed / Les valeurs entre parenthèses sont transformées de manière angulaire).

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

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

In the oval breeds i. e., A3 (-0.00177), CSR3 (-0.00164), CSR18 (-0.00182) the slope of the curve is gradual. The denier gradually dropped from 3.03 to 1.44 denier for a length of about 1383 m in JPN8 and "b" value was (-0.00118), in A3, slope gradually dropped from 3.22 denier to 1.08 denier for a length of about 1042 m and the "b" value was (-0.00177), in CSR3, denier gradually dropped from 3.14 denier to 0.98 denier for a length of about 1209m and the "b" value was (-0.00164) and in CSR18 denier gradually dropped from 2.94 denier to 0.78 denier for a length of about 1080 m and the "b" value was (-0.00182). The denier variation is within a narrow range of 1.58 denier for a length of about 1383 m in JPN8. The slope of the curve is further conformed from the graphs drawn with 100 m length of the filament against denier (Fig. 1 & 2). The slope is sudden in A70 (-0.00215), 8HT (-0.00216), AHT (-0.00218), BHT (-0.00204), A104 (-0.00256), A1(0.00204), CSR2 (-0.00221), KA (-0.00221).

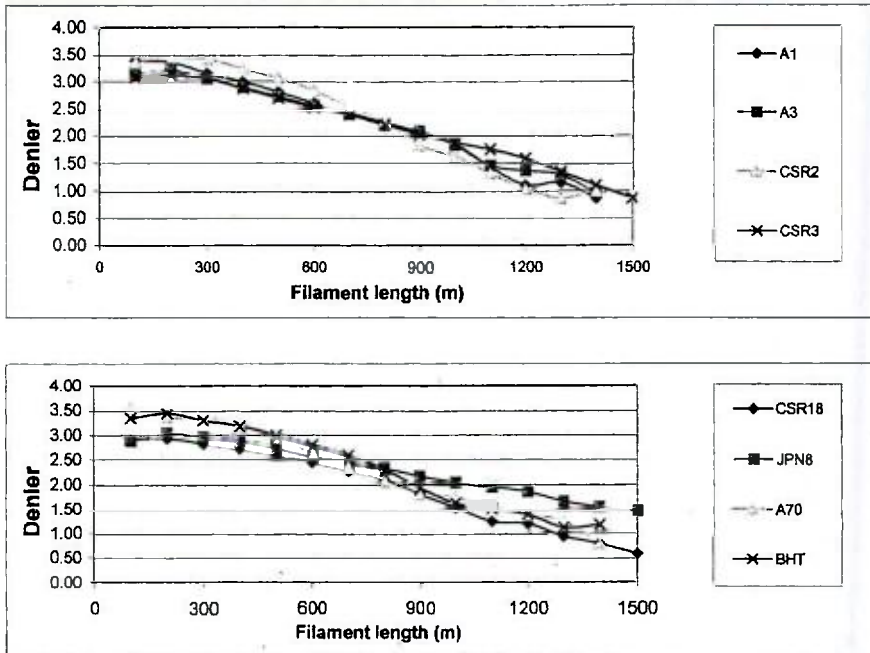


Fig. 1. Filament size in different silkworm breeds (oval).

Fig. 1. Titre du filament chez différentes lignées de vers à soie (ovales).

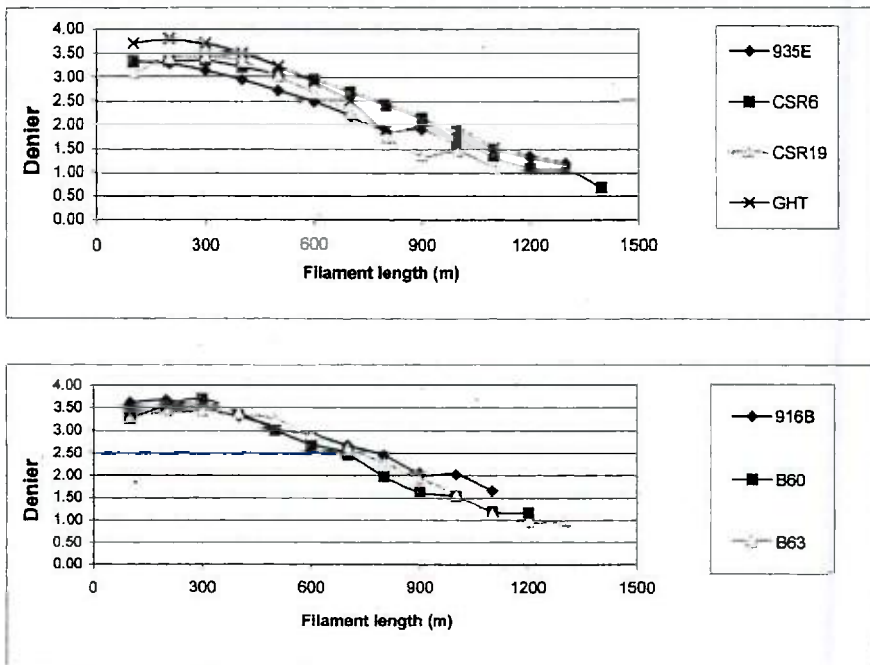


Fig. 2. Filament size in different silkworm breeds (dumbbell).

Fig. 2. Titre du filament chez différentes lignées de vers à soie (cintrées).

Table III. Analysis of variance (oval breeds).**Tableau III. Analyse de variance (lignées ovales).**

Source of variation	Degrees of freedom	Mean sum of squares	
		Filament length	Average filament size
<i>Source de variation</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Somme moyenne des carrés</i>	
		<i>Longueur du filament</i>	<i>Titre moyen du filament</i>
Between breeds / <i>Entre les lignées</i>	11	36951.56*	0.105579**
Error / <i>Ecart</i>	22	14911.28	0.036429
CD at 5%		205.79	0.323

* $p < 0.05$ (Significant at 5% level / *Significatif au seuil de 5 %*).

** $p < 0.01$ (Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*).

Table IV. Analysis of variance (dumbbell breeds).**Tableau IV. Analyse de variance (lignées cintrées).**

Source of variation	Degrees of freedom	Mean sum of squares	
		Filament length	Average filament size
<i>Source de variation</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Somme moyenne des carrés</i>	
		<i>Longueur du filament</i>	<i>Titre moyen du filament</i>
Between breeds / <i>Entre les lignées</i>	11	8938.25NS	0.112758**
Error / <i>Ecart</i>	22	7900.39	0.01671
CD at 5%		150.52	0.219

** $p < 0.01$ (Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*).

NS = Non Significant / *Non significatif*.

Table V. Filament length, size deviation and slope in the bivoltine breeds (oval). (Mean of 3 trials).

Tableau V. Longueur du filament, régularité du titre et pente chez les lignées bivoltines (ovales). (Moyenne de 3 essais).

Breed	Average Filament length (m)	Maximum filament size (d)	Minimum filament size (d)	Average filament size (d)	Slope* (b-value)	Size range
Lignée	Longueur moyenne du filament (m)	Titre maximum du filament (d)	Titre minimum du filament (d)	Titre moyen du filament (d)	Pente * (valeur de b)	Fourchette pour le titre
A1	1095	3.39	0.81	2.10	-0.00204	2.58
A3	1042	3.22	1.08	2.15	-0.00177	2.13
A70	1060	3.54	0.78	2.16	-0.00215	2.76
A104	1014	3.80	0.89	2.35	-0.00256	2.92
AHT	1021	3.54	1.22	2.38	-0.00218	2.32
BHT	1005	3.44	0.99	2.22	-0.00204	2.46
8 HT	1039	3.47	1.12	2.30	-0.00216	2.35
CSR2	1050	3.46	0.78	2.12	-0.00221	2.68
CSR3	1209	3.14	0.98	2.06	-0.00164	2.163
CSR18	1080	2.94	0.78	1.86	-0.00182	2.15
JPN8	1383	3.03	1.44	2.24	-0.00118	1.58
KA	963	3.53	1.69	2.61	-0.00221	1.84
Mean / Moyenne	1080	3.37	1.05	2.21	-0.00200	2.33
S. D.	108.1	0.24	0.28	0.18	0.00034	0.37

* Based on regression analysis (Least square method) / D'après l'analyse de régression (méthode des moindres carrés).

In the dumb-bell breeds there was a steady fall from the outer 3.33 denier to 1.33 denier in the inner layers in 935^E for a length of about 853m and the "b" value was (-0.00193), in CSR6, there was a steady fall from 3.34 denier to 0.75 denier for a length of about 1094 m and the "b" value was (-0.00222), in CSR19, there was a steady fall from 3.47 denier to 0.96 denier for a length of about 915m and the "b" value was (-0.00192), in B60, there was a steady fall from 3.65 denier to 1.06 denier for a length of about 934m and the "b" value was (-0.00246), in B63, there was a steady fall from 3.55 denier to 1.09 denier for a length of about 1025m and the "b" value was (-0.00241) and in 916 B, there was a steady fall from 3.66 denier to 1.61 denier for a length of about 896 m and the "b" value was (-0.00202). While the slope is sudden in FHT (-0.00300), NB4D2 (-0.00313), CSR16 (-0.00289), 5HT (-0.00282), EHT (-0.00270), GHT (-0.00251). This is further confirmed and the slope of the curve is seen clearly from the graphs drawn with 100m length of the filament against denier (Fig. 2).

Table VI. Filament length, size deviation and slope in the bivoltine breeds (dumbbell). (Mean of 3 trials).

Tableau VI. Longueur du filament, régularité du titre, et pente chez les lignées bivoltines (cintrées). (Moyenne de 3 essais).

Breed	Average filament length (m)	Maximum filament size (d)	Minimum filament size (d)	Average filament size (d)	Slope* (b-value)	Size range
<i>Lignée</i>	<i>Longueur moyenne du filament (m)</i>	<i>Titre maximum du filament (d)</i>	<i>Titre minimum du filament (d)</i>	<i>Titre moyen du filament (d)</i>	<i>Pente (valeur de b)</i>	<i>Fourchette pour le titre</i>
B60	934	3.65	1.06	2.35	-0.00246	2.59
B 63	1025	3.55	1.09	2.32	-0.00241	2.46
916 B	896	3.66	1.61	2.64	-0.00202	2.05
CSR6	1094	3.34	0.75	2.05	-0.00222	2.59
CSR16	862	3.77	0.84	2.31	-0.00289	2.93
CSR19	915	3.47	0.96	2.21	-0.00192	2.51
E HT	909	3.92	1.38	2.65	-0.00270	2.54
935 ^E	853	3.33	1.33	2.33	-0.00193	2.00
FHT	918	3.79	1.26	2.52	-0.00300	2.53
G HT	865	3.79	1.39	2.59	-0.00251	2.40
5 HT	1011	3.98	1.33	2.66	-0.00282	2.65
NB4D2	857	3.81	1.10	2.46	-0.00313	2.71
Mean / <i>Moyenne</i>	928	3.67	1.18	2.42	-0.00250	2.50
S. D.	73.3	0.20	0.24	0.19	0.00040	0.25

* Based on regression analysis (least square method) / *D'après l'analyse de régression (méthode des moindres carrés).*

Slope of the curve was calculated by regression analysis (least square method). Correlation between filament length vs slope (b-value), average filament size vs slope, maximum filament size vs slope and filament size range vs slope were calculated based on regression analysis and presented in Tables VII & VIII.

Among the oval breeds there was significant correlation between average filament length and slope b ($r = 0.86^{**}$), between average filament size and slope ($r = 0.88^{**}$) and filament size range and slope ($r = -0.75^{**}$) but the correlation between average filament size and slope was non-significant ($r = -0.39$).

Among the dumb-bell breeds there was no significant correlation between average filament length and slope ($r = 0.01$) and between average filament size and slope. However, correlation between maximum filament size and slope was significant at 5% ($r = -0.77^{*}$) and correlation between size range and slope was significant at 1% ($r = -0.71^{**}$) respectively.

Table VII. Regression analysis (oval breeds).

Tableau VII. Analyse de régression (lignées ovales).

	No. of Breeds	Degrees of freedom	R2	S. E. of coefficient	r
	<i>Nbre de lignées</i>	<i>Degrés de liberté</i>		<i>Ecart type du coefficient</i>	
Slope on average filament length <i>Pente pour la longueur moyenne du filament</i>	12	10	0.74	0.000005	0.86**
Slope on average filament size <i>Pente pour le titre moyen du filament</i>	12	10	0.15	0.00055	-0.39NS
Slope on maximum filament size <i>Pente pour le titre maximum du filament</i>	12	10	0.77	0.0021	-0.88**
Slope on size range <i>Pente pour la fourchette du titre</i>	12	10	0.57	0.00019	-0.75**

** p < 0.01 (Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*) NS = Non significant / *Non significatif*.

Table VIII. Regression analysis (Dumbbell breeds).

Tableau VIII. Analyse de régression (lignées cintrées).

	No. of breeds (n)	Degrees of freedom	R2	S. E. of coefficient	r
	<i>Nbre de lignées (n)</i>	<i>Degrés de liberté</i>		<i>Ecart type du coefficient</i>	
Slope on average filament length <i>Pente pour la longueur moyenne du filament</i>	12	10	0.01	0.000002	0.01NS
Slope on average filament size <i>Pente pour le titre moyen du filament</i>	12	10	0.14	0.00060	-0.37NS
Slope on maximum filament size <i>Pente pour le titre maximum du filament</i>	12	10	0.60	0.00040	-0.77 *
Slope on size range <i>Pente pour la fourchette du titre</i>	12	10	0.50	0.00036	-0.71**

* p < 0.05 (Significant at 5% level / *Significatif au seuil de 5 %*). ** p < 0.01 (Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*). NS = Non significant / *Non significatif*.

In Tables I & II, the boil-off loss ratio in oval breeds ranged from 22.2% (JPN8) to 25.8% (CSR2) as against 25.7% (KA) in the control. In dumb-bell breeds it was 24.4% (916 B) to 26.7% (CSR19) as against 26.2% (NB4D2) in control. This clearly indicates that the boil-off loss ratio is higher in dumb-bell breeds than in the oval breeds. The boil-off loss ratio in oval breeds was maximum in CSR2 (25.87%) and minimum in JPN8 (22.18%). In the dumbbell breeds, boil-off loss ratio was maximum in CSR19 (26.67) and minimum in 916 B (24.44).

Neatness in oval breeds ranged from 91.3-91.8p as against 91.2p in control (KA). In dumb-bell breeds it ranged from 91.3-91.8p as against 91.3p in the control (NB4D2). In the present study, among the oval breeds maximum neatness points were scored in CSR2, CSR3 (91.8p) and minimum in 8HT (91.3p). In dumb bell breeds it was maximum in CSR6, B60, 5HT (91.8 p) and minimum in FHT (91.3 p).

DISCUSSION

Cocoon filament size:

In the present study, the silkworm breeds selected for studying cocoon filament size, boil-off loss ratio and neatness reared at different seasons (comprising of summer, winter and rainy) reflected distinct variation in cocoon weight and shell weight. In the selected productive breeds, where the cocoon weight and shell weight was higher, the size was also higher (Table I and II). But when the cocoons were reeled at 45° C (irrespective of season), the cocoon filament size, boil-off loss ratio and neatness were not found significant. This clearly indicated that the reeling parameters are not affected due to change in the environment in which the silkworms are raised. This observation is in accordance with the results of Bhyrappa *et al.*, (1995), Mahankalappa *et al.*, (1988), Sarkar *et al.*, (1993); Prabhakara *et al.*, (1995), Mori *et al.* (1991), Sunder Raj *et al.*, (2000), Ghosh *et al.*, (1988), Sonwalker *et al.*, (1992), Chang *et al.*, (1997), Mano, (1994). There is a distinct variation in cocoon filament size between oval and dumb-bell breeds (Table V & VI). In the oval breeds, the size deviation ranged from 1.86 (CSR18) to 2.38 (A HT). In the dumb-bell breeds the size deviation ranged from 2.06 (CSR6) to 2.66 (5 HT). This also clearly shows that the average cocoon filament size is correlated with cocoon weight and shell weight value in oval breeds ($r = -0.75$) (Table VII) and in dumb-bell breeds ($r = -0.71$) (Table VIII). These observations from the present study are in concurrence with those of Ram Mohan Rao *et al.*, 1995, Kalpana *et al.*, 2000, Suresh Kumar *et al.*, 2002. In the present study, a distinct variation in silkworm breeds and cocoon filament size have been observed between oval and dumb-bell breeds. In the oval breeds, the average filament size deviation was 2.21 with maximum filament size deviation of 3.37 and minimum size deviation of 1.05. In the dumbbell breeds, the average filament size deviation was 2.42 with maximum filament size deviation of 3.67 and minimum size deviation of 1.18. These results are in concurrence with the earlier workers. According to Halliyal *et al.*, (1998) the denier decreases gradually from outer surface to the inner surface in case of Pure Mysore, Nistari, Mysore princes, Nan-Nung 6D, C. nichii, NB4D2, NB18, KA, KSO-1 and NP2, PM × C. nichii, PM × NB4D2, Nistari × NB4D2 and NP2 × KSO-1. In our present study the denier in oval breeds i. e., A3, CSR3, CSR18, JPN8 and in dumb-bell breeds i. e., CSR6, CSR19, B 60 and in B63, the slope of the curve is gradual with the minimum b - value being (-0.00118 in JPN8) oval breed and minimum b - value being (-0.00192 in CSR19) dumbbell breed (Table V and VI). In these breeds, the denier is constant for more than 50% of the average filament length. This enhances the uniformity of raw silk to a large extent and it can be predicted that the breeds have good potentiality in producing better quality raw silk yarn.

Boil-off loss ratio:

It has a relationship with the silk manufacturing industry and raw silk products (Rui, 1998). Sericin plays an important role in the cocoon stifling, cooking, reeling re-reeling, soaking, steaming, degumming and dyeing (Kannan, 1986, Halliyal *et al.*, 1998). Raw silk having higher percentage of

sericin results in the lower yield of fabric. The raw silk yarn having different degumming loss percentage results in fabric having different weights / metre along the length and width and also fabric not conforming to the required weight.

The cocoon shell has more boil-off loss percentage when compared to the raw silk. It is essential to study in detail the boil-off loss ratio with reference to cocoon shells, as it is the raw material for raw silk (Basavaraja *et al.*, 2000).

The boil-off loss ratio for bivoltine race is found to be 24% and it is genetically different among silkworm strains (Sinha *et al.*, 1992, Basavaraja *et al.*, 2000). The degumming loss percentage is higher in polyvoltine races than bivoltine races because of more floss (Sidhu and Sonwalker, 1969). The boil-off loss ratio varies according to seasons and is influenced by environment (Sonwalker, 1969). In sericulturally advanced countries, the silkworm breeders have developed productive breeds / hybrids with low boil – off loss ratio and quality silk (Kurasawa, 1968 ; Gamo and Hirabayashi, 1983). During the course of breeding, the boil-off loss ratio with reference to cocoon shell has been given utmost importance along with other quantitative and qualitative traits (Harada *et al.*, 1961; Gamo and Ichiba, 1971, Yokoyama, 1959, Mano *et al.*, 1988).

In the present study the boil-off loss ratio in oval breeds ranged from 22.2% (JPN8) to 25.8% (CSR2) as against 25.7% (KA) in the control. But desired boil-off loss ratio was observed in breed A1 (24.5%), A HT (24.4%) and in B HT (24.6%). In dumb-bell breeds it was 24.4% (916 B) to 26.7% (CSR19) as against 26.2% (NB4D2) in the control. Similarly, desired boil-off loss ratio was observed in dumb-bell breed 935 E (25.0%) and 916 B (24.4%). These observations clearly indicate that the boil-off loss ratio is higher in dumb-bell breeds than in the oval breeds. The boil off loss ratio in oval breeds was maximum in CSR2 (25.9%) and minimum in JPN8 (22.2%). In the dumbbell breeds, boil-off loss ratio was maximum in CSR19 (26.7) and minimum in 916 B (24.4). These breeds with optimum boil-off loss ratio may contribute to better silk production.

Neatness:

A significant difference has been observed for the neatness in multi × bi and bi × bi hybrids. In multi × bi hybrid neatness ranges from 70-85 points and in bivoltine hybrids, it is 85-95 points. Because of the low neatness in multi × bi hybrid, silk is used only in weft during weaving of silk yarn in high quality fabrics (Sonwalker, 1992).

In the present study, among the oval breeds maximum neatness points were scored in CSR2, CSR3 (91.8p) and minimum in 8HT (91.3p). In dumb bell breeds it was maximum in CSR6, B60, 5 HT (91.8p) and minimum in FHT (91.3p). Higher neatness results in less defects in the fabric and the silk may be used in warp during weaving of silk yarn (Sonwalker, 1991).

Based on the results of cocoon filament size, boil-off loss ratio and neatness, eight oval breeds i. e. JPN8, A70, CSR18, B HT, A3, CSR2, CSR3 and A1 and seven dumb-bell breeds i.e. CSR6, CSR19, B60, B63, G HT, 916 B, 935 E were identified as potential breeding resource material for future breeding program.

REFERENCES

- BASAVARAJA H. K., SURESH KUMAR N., MAL REDDY N. & DATTA R. K. (2000) Studies on the boil-off loss ratio with reference to the cocoon shell in bivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seri. 39, 60-65.
- BHYRAPPA T. H. & NAGESHCHANDRA B. K. (1987) Effect of different cooking temperature and duration on melted and normal cocoons of *Bombyx mori* L. Sericologia, 27, 259-263.
- CHANG S. J., LEE Y. B., KIM M. A. (1997) Studies on the improvement of reeling method for a fine raw silk. RDA J. Indus. I. Crop Sci., 39, 31-35.
- DATTA R. K. (1984) Improvement of silkworm race, *Bombyx mori* in India. Sericologia 24(3): 393-415.

- GAMO & HIRABAYASHI T. (1983) Genetic analysis of growth rate, pupation rate and some quantitative characters by diallel crosses in silkworm, *B. mori* L. Jpn. J. Breed, 33, 178-190.
- GAMO & ICHIBA S. (1971) Selection experiments on the fibroin hydrolyzing ratio in silkworm cocoons and its effects upon the economical characters. Jpn J. Breed, 21, 87-92.
- GHOSH S. S., DAMODHARA RAO P. M. & MISHRA, S. N. (1988) Studies on technology of bivoltine cocoon processing. In: International Congress on Tropical Sericulture Practices, Bangalore, Feb. 18-23, 1988.
- HARADA C., KIMURA K. & AOKI H. (1961) On the effect of hybrid vigour on the quantitative characters concerned with reeling of cocoons. Acta Sericol., 37, 42-55.
- HALLIYAL V. G., BANDIWAD R., HADIMANI V. V. & DANDIN S. B. (1998) Influence of raw material characteristics and processes on raw silk yarn and fabric quality. In Silkworm Breeding Etd. By Prof. G. Sreerama Reddy, Oxford and IBH Publishing Co. Pvt Ltd., New Delhi, pp. 337-345.
- KIM B. H. (1989) Raw Silk Reeling. Pp. 1-274.
- KANNAN A. V. (1986) A short degumming. Indian Silk, 15, 37-38.
- KURASAWA H. (1968) Selection of the quantitative characters in the silkworm I. Changing of cocoon character with the selection of floss ratio and lousiness fibres. J. Seric. Sci. Jpn., 37, 41-50.
- KALPANA G. V., SURESH KUMAR N., MAL REDDY N., JOGE P. G. & PALIT A. K. (2000) Productive bivoltine silkworm hybrid of *Bombyx mori* L. for longer filament length and thin denier. In: National Conference on Strategies for Sericulture Research and Development, Central Sericultural Research & Training Institute, Srirampura, Mysore, India, 16-18, November 2000, P. 27.
- KRISHNASWAMI S. (1978) Improved Silkworm Rearing Technology, Bulletin 2, Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, India.
- MAHADEVAPPA D., HALLIYAL V. G., SHANKAR D. C. & RAVINDRA BHANDIWAD (2000) Mulberry Silk Reeling Technology. Published by Oxford and IBH Publishing co. Pvt. Ltd., New Delhi, Calcutta.
- MAHANKALAPPA Y., NANGESH CHANDRA B. K. (1988) Influence of storage duration on commercial characters of the cocoons of *Bombyx mori* L. In: International Congress on Tropical Sericulture Practices, Bangalore, Feb. 18-23, 1988.
- MANO Y., NISHIMURA M., KATO M. & NAGAYASU K. (1988) Breeding of autosexing silkworm race N140 × C145. Bull. Seric. Expt. Stn., 30, 753-785 (1994).
- MANO Y. (1994) Comprehensive Report on Silkworm Breeding pp. 180. Report submitted to CSB, Bangalore.
- MORI H., CHEN R., TAWARA H., ICHIDA M., IMAMURA T., TSUCHIYAMA A., YOSHIDA M., OHNISHI M. & MATSUBARA F. (1991) Aseptic silkworm rearing using a new artificial diet consisting mainly of tofu cake J. Seric. Sci. Jpn, 60, 445-449.
- PRABHAKARA M. K., REDDY D. N. R. & NARAYANASWAMY K. C. (1995) Quantitative characters in three races of silkworm, *Bombyx mori* L. as influenced by different mulberry varieties. Geobios, 22, 25-29.
- RUI H. G. (1998) Silk Reeling Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, pp. 461.
- RAM MOHAN RAO P., SOMASHEKAR T. H., AHSAN M. M., DATTA R. K (1995) Studies on the size deviation of single cocoon filament in bivoltine breeds of the silkworm, *Bombyx mori* L., Current Technology Seminar, September, Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, India.
- SARKAR A. A., HAWUE M. T., RAB M. A., ABSAR N. (1993) Correlation of acidic mulberry soil and corresponding feeding effects of leaves on cocoon quality. Bull. Seric. Res. 4, 1-44.
- SIDHU N. S. & SONWALKER T. N (1969) A preliminary note on the investigation of degumming loss in indigenous, exotic and hybrid cocoons. Silkworm Inf. Bull. 1, 39-41.
- SINGH R. K. & CHAUDHARY B. D. (1979) Biometrical methods in quantitative genetic analysis (Ed.) Kalyani Publishers, New Delhi, India p 1-304.

- SINHA A. K., SINHA V. S. P., BRAHMACHARI B. N. GHOSH, J. K. & SINHA S. S. (1992) Race differences in cocoon shell of mulberry silkworm. *B. mori* L. Indian J. Seric., 31, 168-176.
- SONWALKAR T. N. (1969) Investigations on degumming loss and spinning performance of pierced and cut cocoons in silkworm, *B. mori* L. Indian J. Seric., 8, 43-47.
- SONWALKAR T. N. (1991) Hand book of Silk Technology pp. 1-310.
- SONWALKAR T. N., ROY S., VASUMATHI B. V. (1992) Studies on commercial qualities of multivoltine hybrid raw silk reeled on various devices in Karnataka. Indian J. Seric., 31, 9-16.
- SONWALKAR T. N. (1998) Silk rearing Industry – Problems and Prospects In: Silkworm Breeding, Prof G. Sreerama Reddy (Ed.) Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, India, pp. 325-336.
- SUNDER RAJ S., CHINNASWAMY K. P. & SANNAPPA B. (2000) Effect of feeding mulberry leaves fortified with protein supplements on the productivity of silkworm, *Bombyx mori* L. Bulletin of Indian Academy of Sericulture, 4(2): 34-40.
- SURESH KUMAR N., BASAVARAJA H. K., KALPANA G. V., MAL REDDY N., JAYASWAL K. P., TIPPESWAMY T. & DATTA R. K. (2002) Cocoon filament size deviation in bivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 41, 42-48.
- YOKOYAMA T. (1959) Silkworm genetics illustrated. Japan Society for the Promotion Science, Tokyo, Japan.

ETUDES SUR LES CARACTERISTIQUES DES COCONS CHEZ DIFFERENTES LIGNEES DU VER A SOIE, *BOMBYX MORI L.*

A. NASEEMA BEGUM, H. K. BASAVARAJA, A. K. PALIT, G. N. RAMASWAMY,
N. MAL REDDY, N. SURESH KUMAR & G. V. KALPANA

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

On a réalisé une étude en utilisant 24 lignées de vers à soie comprenant des lignées à rendement moyen, c'est à dire 935 E, F HT, NB4D2, EHT, GHT, 916 B (cocons cintrés), A HT, B HT, A 104, A1, A3, KA (cocons ovales / richesse soyeuse 20 à 22 %) et des lignées à rendement élevé JPN8, A70, 8 HT, CSR2, CSR3, CSR18 (cocons ovales) et CSR6, CSR16, CSR19, B60, 5 HT, B63 (cocons cintrés / richesse soyeuse 22 à 24 %) pour évaluer la régularité du titre du filament de cocon, la perte au décreusage et la netteté. L'analyse des données moyennes pour trois saisons (comprenant l'été, l'hiver et la saison des pluies) a été effectuée en utilisant l'analyse de variance et la corrélation entre la longueur du filament et la pente de la courbe de régression. La régularité moyenne du titre du filament de cocon chez les lignées à cocons ovales est comprise entre 1,58 (JPN8) et 2,92 (A104) contre 1,84 pour le témoin (KA). La régularité du titre chez les lignées à cocons cintrés est comprise entre 2 (935 E) et 2,93 (CSR16) contre 2,50 pour le témoin (NB4D2). Le ratio de perte au décreusage chez les lignées ovales est compris entre 22,2 et 25,8 % contre 25,7 % chez le témoin et chez les lignées cintrées il est de 24,4 à 26,7 % contre 26,2 % chez le témoin. Cela indique clairement que la perte au décreusage est plus élevée chez les lignées cintrées que chez les lignées ovales. La netteté chez les lignées ovales est comprise entre 91,3 et 91,8 p contre 91,2 p chez le témoin (KA). Chez les lignées cintrées, elle est comprise entre 91,3 et 91,8 p contre 91,3 p chez le témoin (NB4D2). Nous avons sélectionné huit lignées ovales c'est à dire JPN8, A70, CSR18, B HT, A3, CSR2, CSR3 et A1 et sept lignées cintrées c'est à dire CSR6, CSR19, B60, B63, GHT, 916 B, 935 E d'après les caractères ciblés. La régularité du titre du filament de cocon, la perte au décreusage et la netteté chez les lignées ovales sélectionnées est comprise entre 1,58 et 2,92, 22,2 et 25,8 et entre 91,3 et 91,8 p et chez les lignées cintrées elle est de 2 à 2,93, 24,4 à 26,7 et de 91,3 à 91,8 p.

INTRODUCTION

L'Inde se classe deuxième après la Chine pour la production de soie mais la majorité de la production est de la soie multi × bivoltine qui est qualitativement et quantitativement inférieure (Datta, 1984). La qualité de la soie déviedée au niveau commercial dépend principalement de la qualité des cocons hybrides utilisés. Pour s'assurer d'une production de soie de qualité, les sélectionneurs accordent la plus grande importance à l'évaluation des paramètres de qualité au cours du processus d'évaluation des hybrides avant qu'ils ne soient exploités sur le plan commercial. La qualité de la soie grège est principalement déterminée par la régularité du titre, la netteté et la propreté de la fibre de soie. Pour produire de la soie calibrée, l'un des caractères importants est un filament avec une bonne régularité du titre. La bonne qualité du filament de cocon s'exprime par le titre. La régularité du titre dépend des caractères de la fibre et il est important de produire des cocons de taille uniforme pour obtenir un filament de cocon au titre uniforme (Mano, 1994). Le titre du filament de cocon présente une variation marquée en ce qui concerne les couches du cocon. Chez la plupart des races de vers à soie, le titre du filament de cocon est épais sur la couche externe, devient encore plus épais

et est le plus fin dans les couches les plus internes (Kim, 1989). Le titre du filament de cocon est lié à la régularité du titre de la soie grège. Le titre du filament est influencé par les races de vers à soie, la qualité nutritionnelle des feuilles de mûrier, la saison et la température atmosphérique. Les larves lourdes produisent un filament au denier supérieur. La température élevée pendant la formation du cocon et la montée des larves matures donnent des filaments au titre plus fin (Mahadevappa et coll., 2000). Le titre moyen du filament de cocon présente une variation à l'intérieur du cocon, entre les cocons et aussi entre les races. Chez un cocon, le titre du filament présente des variations des couches externes aux couches internes (Kim, 1989).

Le titre moyen d'un filament unique et sa variation sont des facteurs importants dans la production du titre voulu pour un fil de soie grège d'une meilleure régularité. Les races de vers à soie supérieures pour les caractéristiques quantitatives mais avec un degré plus élevé de variation de la régularité du titre ne sont pas adaptées à l'industrie de dévidage de la soie. La faible variation du titre du filament de cocon sur toute la longueur, permet l'amélioration du grade du fil de soie grège. La variation progressive du titre permet aussi de maintenir une meilleure égalité du fil de soie grège, ce qui rend le processus de dévidage plus facile (Mahadevappa et coll., 2000). Le titre baisse progressivement de la couche externe à la couche interne dans le cas de Pure Mysore, Nistari, Mysore princess et Nan-Nung 6 D et *C. nichi*, NB4D2, NB18, KA, KSO-1 et NP2 et chez PM × *C. nichi*, PM × NB4D2, Nistari × NB4D2 et KA × NB4D2 (Halliyal et coll., 1998).

Dans les pays avancés, la régularité du titre est considérée comme l'un des paramètres pour évaluer la qualité d'une combinaison particulière d'hybrides (Halliyal et coll., 1998). Le fil qui a une mauvaise régularité du titre donne un tissu qui a une mauvaise apparence. Le fil de soie grège avec moins de régularité du titre entraîne plus de ruptures pendant la fabrication du tissu, ce qui donne donc des tissus avec plus de nœuds (Sonwalkar, 1998). L'étude de la régularité du titre du filament de cocon est primordiale pour évaluer les lignés de vers à soie donnant une production de soie de qualité.

Le pourcentage de séricine varie selon les races. Les races qui ont un pourcentage de séricine plus important ne sont pas considérées économiques. La séricine présente dans le cocon lie les couches de filament des cocons et est responsable de l'aspect compact des cocons. La teneur en fibroïne dans le cocon est de 70 à 80 % tandis que celle de la séricine est de 20 à 30 % et il contient aussi des ingrédients secondaires tels que de la matière cireuse (0,4 – 0,8 %), des hydrates de carbone (1,2 à 1,6), des pigments (0,2 %) et de la matière inorganique (0,7). La séricine adhère à la surface externe de la fibroïne d'une manière irrégulière et ressemble beaucoup à la colle animale qui protège et colle la fibroïne. L'évaluation du décreusage de la séricine est donc essentielle pendant l'évaluation des hybrides.

On observe une différence considérable pour le caractère de la netteté chez les hybrides polyvoltin × bivoltin et bi × bi. Chez l'hybride polyvoltin × bivoltin, la netteté est comprise entre 70 et 85 points et chez les hybrides bi, elle est de 85 à 95 points. Comme la netteté est faible chez les hybrides multi × bi, on n'utilise la soie que pour la trame et pas pour la chaîne pendant le tissage des tissus de qualité supérieure (Sonwalkar, 1992). L'étude de la netteté est donc considérée comme un caractère qualitatif important pendant le lignage du ver à soie.

Compte tenu de l'importance de ces paramètres, on a entrepris cette étude de la régularité du titre du filament de cocon, de la perte au décreusage et de la netteté chez des lignées de ver à soie bivoltines.

MATERIELS

Vingt quatre lignées parentales comprenant douze lignées ovales c'est à dire A1, A3, A HT, A70, A104, B HT, CSR2, CSR3, CSR18, 8 HT, JPN8 et KA (témoin), douze lignées cintrées c'est à dire B60, B63, 916 B, CSR6, CSR16, CSR19, E HT, 935 E, F HT, G HT, 5 HT et NB4D2 (témoin) sont utilisées pour étudier la régularité du titre, la perte au décreusage et la netteté du filament de cocon. Les lignées de vers à soie sont élevées trois fois (2000 – 2001) en cinq répétitions à partir d'une ponte

saine pour chaque répétition. A la fin de chaque élevage, on utilise les cocons pour étudier les caractères ci-dessus. On procède à l'élevage en août –septembre (saison des pluies), Jan-Fév. (saison d'hiver) et mai-juin (été) en suivant les méthodes d'élevage habituelles (Krishnaswami, 1978).

1) Caractéristiques des cocons :

Poids du cocon, de la coque et richesse soyeuse :

On sélectionne au hasard dix cocons femelles et mâles dans chaque répétition et on enregistre séparément le poids de leurs cocons et de leurs coques. On calcule le poids d'un cocon et d'une coque d'après le poids moyen de 20 cocons et coques.

$$\% \text{ de richesse soyeuse} = \frac{\text{Poids de la coque soyeuse}}{\text{Poids du cocon entier}}$$

Ratio de perte au décreusage :

On sélectionne cinq coques soyeuses femelles et cinq coques soyeuses mâles de chaque lignée dans les cinq répétitions pour estimer le ratio de perte au décreusage. On calcule le ratio de perte au décreusage en suivant la méthodologie publiée précédemment (Basavaraja et coll., 2000).

On emploie la méthode d'ébullition en deux étapes expliquée ci-dessous pour décreuser les coques soyeuses.

Premier décreusage.

On fait bouillir la solution liquoreuse de savon et de soude dans un récipient en cuivre. Lorsque la solution atteint son point d'ébullition ($> 95^\circ \text{C}$), on immerge complètement les sacs contenant les échantillons de coques soyeuses dans le milieu en ébullition et on les conserve soigneusement fermés pendant 40 minutes. On remue les sacs de haut en bas toutes les 10 minutes pour un décreusage uniforme et efficace.

Deuxième décreusage :

Dans un autre récipient, on prépare le milieu en ébullition à la concentration désirée et on le conserve au point d'ébullition (95°C) pour transférer les échantillons après la première ébullition. Immédiatement 40 minutes après la première ébullition, on retire les sacs d'échantillons et on les presse pour retirer la solution liquoreuse en excès puis on les transfère dans le deuxième bain. On continue le décreusage pendant 40 minutes.

Rinçage :

On rince les échantillons avec les coques décreusées immédiatement après la deuxième ébullition pendant une minute dans une solution alcaline en ébullition de carbonate de sodium à 0,1 % déjà préparée.

Lavage :

Après avoir rincé les échantillons dans de la solution de carbonate de sodium à 0,1 %, on lave soigneusement (15 minutes) les échantillons avec les coques soyeuses à la machine à laver avec de l'eau courante. Puis, on les sèche à la machine à laver pendant 5 minutes pour enlever l'excès d'humidité.

Séchage et pesée :

On transfère les coques soyeuses décreusées dans des enveloppes de papier perforé et on les laisse sécher dans un four à 105°C pendant 5 heures. On transfère les paquets d'échantillons séchés dans un dessiccateur pendant une demi-heure pour l'absorption de l'excès d'humidité avant d'enregistrer le poids sec des coques décreusées.

On enregistre les poids des coques décreusées sur une balance électronique et on calcule le ratio de perte au décreusage selon la formule suivante.

Ratio de perte au décreusage =

$$\frac{\text{Poids sec initial des coques} - \text{Poids sec final des coques}}{\text{Poids sec initial des coques}} \times 100$$

2) Caractères du dévidage :

a) Pourcentage de soie grège :

C'est le pourcentage de soie grège par rapport à la quantité de cocons frais à partir de laquelle la soie grège est dévidée.

$$\frac{\text{Poids de la soie grège dévidée} + \text{poids de la soie convertie des cocons bassinés}}{\text{Poids des cocons pris pour le dévidage}} \times 100$$

b) Longueur du filament de cocon :

On calcule ce caractère d'après la longueur moyenne du filament qui peut être dévidée sans rupture à partir des cocons.

$$\text{Longueur du filament} = \frac{\text{Longueur totale du filament}}{1 + \text{nombre de ruptures}}$$

c) Dévidabilité :

La dévidabilité témoigne du rapport de la longueur du filament sans rupture par rapport à la longueur entière du filament de cocon.

$$\% \text{ de dévidabilité} = \frac{\text{Nombre de cocons de dévidage}}{\text{Nombre de jetées de bouts}} \times 100$$

d) Titre du filament du cocon :

Chez chaque lignée, on sélectionne 90 cocons pour estimer la régularité du titre du filament de cocon. On sèche les cocons dans un four à air chaud pendant une période de 5 heures en suivant le profil de température suivant :

100° C (1 heure), 90° C (1 heure), 80° C (1 heure), 70° C (1 heure), 60° C (1 heure).

Puis on stocke les cocons à température ambiante pendant 48 heures. On procède à la cuisson des cocons en utilisant le système de cuisson avec trois casseroles.

Première casserole - 45° C - 60 secondes.

Deuxième casserole - 65° C - 120 secondes.

Troisième casserole - 95° C - 60 secondes.

On fait refroidir les cocons et on les amène à la température de dévidage de 40° C en vaporisant de l'eau froide. On dévide les cocons en utilisant une bassine d'une circonférence d'un mètre. La vitesse de dévidage est de 120 à 150 mètres / min. Pendant le dévidage, on prélève une longueur de 100 m en prenant en considération les différentes couches. Pour chaque lignée, on dévide individuellement un total de 30 cocons. Après l'achèvement du dévidage, on enregistre la longueur totale du filament. On sèche la soie dévidée dans un four à air chaud à une température de 70° C pendant une durée de 24 heures. On transfère ensuite les filaments de soie dans un dessiccateur pour

l'absorption supplémentaire de l'humidité avant d'enregistrer le poids de la soie. On enregistre le poids du filament de soie en utilisant une balance électronique. On enregistre le poids d'une longueur de filament de 100 m en prenant en considération les différents couches. On mesure le titre du filament de soie de manière géométrique en prenant une constante de 450 mètres et en la pesant en unités de titre, c'est à dire le poids de 9000 m en grammes. Le denier n'est rien d'autre que le poids de 9000 mètres en grammes. On calcule le titre du filament de soie en utilisant la formule

$$\text{Titre du filament de cocon} = \frac{\text{Poids conditionné de la soie grège}}{\text{Longueur totale de la soie grège}} \times 9000$$

e) Titre du filament de cocon :

On mesure le titre du filament de soie de manière géométrique en prenant une constante de 100 mètres et en la pesant en unités de titre, c'est à dire 100 mètres en grammes.

$$\text{Titre du filament de cocon / 100 m} = \frac{\text{Poids de la soie}}{\text{Longueur totale du filament (100 m)}} \times 9000$$

f) Netteté :

Pour chaque lignée, on dévide un total de 300 cocons à partir de cinq répétitions dans une machine de dévidage multibouts à la Division de Technologie de la Fibre et de la Soie du *Central Sericultural Research Training Institute*, de Mysore. Après le dévidage, on charge la soie sur 10 panneaux et on calcule les points de netteté en les comparant aux valeurs standards.

On analyse les données en utilisant l'analyse de régression (méthode des moindres carrés). On estime la corrélation entre la longueur du filament et la pente. On calcule la pente de la courbe du titre d'après la formule suivante

$$B = \frac{\sum xy - \sum x \sum y}{n}$$

$$\frac{\sum x - (\sum x)}{N}$$

On analyse à nouveau les données d'élevage et de dévidage en utilisant l'Analyse de Variance (ANOVA).

RESULTATS

Les données analysées (ANOVA) pour dix caractères économiques et les valeurs moyennes pour les lignées ovales sont présentées dans les Tableaux I et III. On enregistre des valeurs supérieures pour les différents caractères chez les lignées de vers à soie. Cependant, le titre moyen (le caractère ciblé) chez les lignées ovales est compris entre 1,86 (CSR18) et 2,38 (AHT) (Tableau V) contre 2,61 chez le témoin (KA), le ratio de perte au décreusage est compris entre 22,2 (JPN8) et 25,8 % (CSR2) contre 25,7 % chez le témoin (KA), la netteté est comprise entre 91,3 points (8 HT) et 91,8 p (CSR2, CSR3 et CSR18) contre 91,2 p chez le témoin (KA). La lignée CSR18 qui enregistre les valeurs les plus basses (2,15) pour le titre enregistre aussi des valeurs considérablement supérieures pour le poids de la coque (0,373 g), la richesse soyeuse (22,13 %) et la longueur du filament (1039 m).

Les données analysées pour dix caractères économiques chez les lignées cintrées sont présentées dans les Tableaux II et IV. Le titre moyen (caractère ciblé) est compris entre 2,05 (CSR6) et 2,66 (5 HT) (Tableau VI) contre 2,46 chez le témoin (NB4D2), le ratio de dévidage est compris entre 24,4 (916 B) et 26,7 % (CSR19) contre 26,2 % chez le témoin (NB4D2), les points de netteté sont compris entre 91,3 (F HT) et 91,8 (CSR6, B60, 5 HT) contre 91,3 chez le témoin (NB4D2). Cependant, la lignée CSR6 qui enregistre des valeurs plus basses pour la régularité du titre présente aussi des valeurs considérables pour la richesse soyeuse (22,46 %).

Les résultats de l'analyse du coefficient de régression concernant la longueur moyenne du filament, la régularité maximum, minimum et moyenne du filament et la fourchette pour la régularité du titre sont présentés dans les Tableaux V et VI. Parmi les lignées ovales, la longueur du filament est comprise entre 1005 (B HT) et 1383 m (JPN8) contre 963 m chez le témoin (KA), le titre maximum du filament est compris entre 2,94 (CSR18) et 3,80 (A 104) contre 3,53 chez le témoin (KA), le titre minimum du filament est compris entre 0,78 (A70, CSR2 et CSR8) et 1,44 (JPN8) contre 1,69 chez le témoin (KA), le titre moyen du filament est compris entre 1,86 (CSR18) et 2,38 (A HT) contre 2,61 chez KA et la fourchette pour le titre est comprise entre 1,58 (JPN8) et 2,92 (A 104) contre 1,84 chez (KA). La pente est comprise entre $-0,00256$ (A 104) et $-0,00118$ (JPN8) contre $-0,00221$ chez (KA).

Chez les lignées cintrées, la longueur moyenne du filament est comprise entre 853 (935E) et 1094 m (CSR6) contre 857 m chez le témoin (NB4D2), la régularité du titre minimum est comprise entre 3,33 (935 E) et 3,98 (5 HT) contre 3,81 chez le témoin (NB4D2), la régularité du titre maximum est comprise entre 0,75 (CSR6) et 1,39 (G HT) contre 1,10 chez le témoin (NB4D2), la régularité du titre moyenne est comprise entre 2,05 (CSR6) et 2,66 (5HT) contre 2,46 chez (NB4D2) et la fourchette pour la régularité du titre, est comprise entre 2 (935E) et 2,93 (CSR16) contre 2,71 chez NB4D2. La pente est comprise entre $-0,00300$ (F HT) et $-0,00192$ (CSR19) contre $-0,00313$ chez (NB4D2).

Chez les lignées ovales c'est à dire A3 ($-0,00177$), CSR3 ($-0,00164$), CSR18 ($-0,00182$) la pente de la courbe est progressive. Le titre baisse progressivement de 3,03 à 1,44 deniers pour une longueur d'environ 1383 m chez JPN8 et la valeur " b " est ($-0,00118$) chez A3, la pente baisse progressivement de 3,22 deniers à 1,08 deniers pour une longueur d'environ 1 042 m et la valeur " b " est ($-0,00177$) ; chez CSR3, le titre baisse progressivement de 3,14 deniers à 0,98 deniers pour une longueur d'environ 1209 m et la valeur " b " est ($-0,00164$) et chez CSR18 le titre baisse progressivement de 2,94 deniers à 0,78 deniers pour une longueur d'environ 1080 m et la valeur " b " est ($-0,00182$). La variation du titre se situe dans une fourchette étroite de 1,58 denier pour une longueur d'environ 1383 m chez JPN8. La pente de la courbe est de plus conforme aux graphiques dessinés pour une longueur de filament de 100 m versus le titre (Fig. 1 & 2). La pente est marquée chez A70 ($-0,00215$), 8HT ($-0,00216$), AHT ($-0,00218$), BHT ($-0,00204$), A104 ($-0,00256$), A1 ($0,00204$), CSR2 ($-0,00221$), KA ($-0,00221$).

Chez les lignées cintrées il y a une chute régulière du titre de 3,33 (externe) à 1,33 dans les couches internes chez 935E pour une longueur d'environ 853m et la valeur " b " est ($-0,00193$), chez CSR6, il y a une chute régulière de 3,34 deniers à 0,75 deniers pour une longueur d'environ 1094 m et la valeur " b " est ($-0,00222$) ; chez CSR19, il y a une chute régulière de 3,47 deniers à 0,96 deniers pour une longueur d'environ 915 m et la valeur " b " est ($-0,00192$) ; chez B60, il y a une chute régulière de 3,65 deniers à 1,06 deniers pour une longueur d'environ 934 m et la valeur " b " est ($-0,00246$), chez B63, il y a une chute régulière de 3,55 deniers à 1,09 deniers pour une longueur d'environ 1025m et la valeur " b " est ($-0,00241$) et chez 916 B, il y a une chute régulière de 3,66 deniers à 1,61 denier pour une longueur d'environ 896 m et la valeur " b " est ($-0,00202$). Tandis que la pente est marquée chez FHT ($-0,00300$), NB4D2 ($-0,00313$), CSR16 ($-0,00289$), 5HT ($-0,00282$), EHT ($-0,00270$), GHT ($-0,00251$). Cela est confirmé par les graphiques tracés pour une longueur de filament de 100 m contre le titre (Fig. 2) et on voit clairement la pente de la courbe.

On calcule la pente de la courbe d'après l'analyse de régression (méthode des moindres carrés). On calcule la corrélation entre la longueur du filament et la pente (valeur b), le titre moyen du filament

et la pente, le titre maximum du filament et la pente et la fourchette du titre du filament et la pente d'après l'analyse de régression et ils sont présentés dans les Tableaux VII et VIII.

Chez les lignées ovales, il y a une corrélation significative entre la longueur moyenne du filament et la pente ($r = 0,86^{**}$), entre le titre moyen du filament et la pente ($r = 0,88^{**}$) et entre la fourchette pour le titre du filament et la pente ($r = -0,75^{**}$) mais la corrélation entre le titre moyen du filament et la pente n'est pas significative ($r = -0,39$).

Chez les lignées cintrées, il n'y a pas de corrélation significative entre la longueur moyenne du filament et la pente ($r = 0,01$) et entre le titre moyen du filament et la pente. Cependant, la corrélation entre le titre maximum du filament et la pente est significative à 5 % ($r = -0,77^{*}$) et la corrélation entre la fourchette pour le titre et la pente est significative à respectivement 1 % ($r = -0,71^{**}$).

Dans les Tableaux I et II, le ratio de perte au décreusage chez les lignées ovales est compris entre 22,2 % (JPN8) et 25,8 % (CSR2) contre 25,7 % (KA) chez le témoin. Chez les lignées cintrées, il est de 24,4 % (916 B) à 26,7 % (CSR19) contre 26,2 % (NB4D2) chez le témoin. Cela indique clairement que le ratio de perte au décreusage est plus élevé chez les lignées cintrées que chez les lignées ovales. Le ratio de perte au décreusage chez les lignées ovales est maximum chez CSR2 (25,87 %) et minimum chez JPN8 (22,18 %). Chez les lignées cintrées, le ratio de perte au décreusage est maximum chez CSR19 (26,67) et minimum chez 916 B (24,44).

Chez les lignées ovales, la netteté est comprise entre 91,3 et 91,8 p contre 91,2 p chez le témoin (KA). Chez les lignées cintrées, elle est comprise entre 91,3 et 91,8 p contre 91,3 p chez le témoin (NB4D2). Dans cette étude, chez les lignées ovales, CSR2, CSR3 (91,8 p) donnent la netteté maximum et 8HT la netteté minimum (91,3 p). Chez les lignées cintrées, la netteté est maximum chez CSR6, B60, 5HT (91,8 p) et minimum chez FHT (91,3 p).

DISCUSSION

Titre du filament de cocon :

Dans cette étude, les lignées de vers à soie sélectionnées pour étudier le titre du filament de cocon, le ratio de perte au décreusage et la netteté et élevées pendant des saisons différentes (l'été, l'hiver et la saison des pluies) reflètent une variation distincte pour le poids du cocon et le poids de la coque. Chez les lignées productives sélectionnées, où le poids du cocon et le poids de la coque sont plus élevés, le titre est aussi plus élevé (Tableaux I et II). Mais quand on dévide les cocons à 45° C (quelle que soit la saison), le titre du filament du cocon, le ratio de perte au décreusage et la netteté ne s'avèrent pas considérables. Cela indique clairement que les paramètres de dévidage ne sont pas affectés par les changements de l'environnement dans lequel les vers à soie sont élevés. Cette observation est en accord avec les résultats de Bhyrappa et coll., (1995), Mahankalappa et coll., (1988), Sarkar et coll., (1993) ; Prabhakara et coll., (1995), Mori et coll., (1991), Sunder Raj et coll (2000), Ghosh et coll., (1988), Sonwalker et coll., (1992), Chang et coll., (1997) et de Mano (1994). Il y a une variation distinctive du titre du filament du cocon entre les lignées ovales et cintrées (Tableaux V et VI). Chez les lignées ovales, la régularité du titre est comprise entre 1,86 (CSR18) et 2,38 (A HT). Chez les lignées cintrées la régularité du titre est comprise entre 2,06 (CSR6) et 2,66 (5 HT). Cela montre aussi clairement que le titre moyen du filament du cocon est corrélé avec la valeur pour le poids du cocon et le poids de la coque chez les lignées ovales ($r = -0,75$) (Tableau VII) et chez les lignées cintrées ($r = -0,71$) (Tableau VIII). Les observations de cette étude concordent avec celles de Ram Mohan Rao et coll., 1995, de Kalpana et coll., 2000 et de Suresh Kumar et coll., 2002. Dans cette étude, on observe une variation distincte chez les lignées de vers à soie pour le titre du filament de cocon entre les lignées ovales et cintrées. Chez les lignées ovales, la régularité moyenne du titre est de 2,21 avec une régularité minimum du filament de 3,37 et une régularité maximum de 1,05. Chez les lignées cintrées, la régularité moyenne du titre du filament est de 2,42 avec une régularité minimum du titre de 3,67 et une régularité maximum du titre de 1,18. Ces résultats sont en accord avec des recherches précédentes. Selon Halliyal et coll., (1998) le titre baisse progressivement de la surface externe à la

surface interne chez Pure Mysore, Nistari, Mysore princes, Nan-nung 6 D, *C. nichii*, NB4D2, NB18, KA, KSO-1 et NP2, PM × *C. nichii*, PM × NB4D2, Nistari × NB4D2 et NP2 × KS0-1. Dans notre étude, le titre chez les lignées ovales, c'est à dire A3, CSR3, CSR18, JPN8 et chez les lignées cintrées, CSR6, CSR19, B 60 et B63 et la pente de la courbe sont progressifs avec la valeur b minimum (qui est -0,00118 chez JPN8) pour les lignées ovales et la valeur b minimum de (-0,00192 chez CSR19) chez les lignées cintrées (Tableaux V et VI). Chez ces lignées, le titre est constant pendant plus de 50 % de la longueur. Cela améliore l'uniformité de la soie grège à un degré important et on peut prédire que ces lignées ont une bonne potentialité pour produire un fil de soie grège de meilleure qualité.

Ratio de perte au décreusage :

Il a une relation avec l'industrie de production de la soie et avec les produits de soie grège (Rui, 1998). La sérécine joue un rôle important dans l'étouffage, la cuisson, le dévidage redévidage, le trempage, le bain de vapeur, le décreusage et la teinture (Kannan, 1986, Halliyal et coll., 1998). Si la soie grège a un pourcentage plus élevé de sérécine, cela donne une production de tissu plus faible. Comme le fil de soie grège présente différents pourcentages de perte au décreusage, cela donne un tissu ayant des poids différents / mètre en longueur et en largeur et aussi un tissu qui n'a pas le poids nécessaire.

La coque soyeuse a un pourcentage de perte au décreusage plus important par comparaison à la soie grège. Il est essentiel d'étudier en détail le ratio de perte au décreusage par rapport aux coques soyeuses, puisque c'est la matière première de la soie grège (Basavaraja et coll., 2000).

On constate que le ratio de perte au décreusage pour les races bivoltines est de 24 % et il est différent selon les souches de vers à soie (Sinha et coll., 1992, Basavaraja et coll., 2000). Le pourcentage de perte au décreusage est plus élevé chez les races polyvoltines que chez les races bivoltines parce qu'il y a plus de blaze (Sidhu et Sonwalker, 1969). Le ratio de perte au décreusage varie selon les saisons et il est influencé par l'environnement (Sonwalker, 1969). Dans les pays avancés sur le plan séricicole, les chercheurs ont mis au point des lignées / des hybrides productifs avec un faible ratio de perte au décreusage de la coque soyeuse et une soie de qualité (Kurasawa, 1968 ; Gamo et Hirabayashi, 1983). Au cours du lignage, on accorde la plus grande importance au ratio de perte au décreusage de la coque soyeuse ainsi qu'à d'autres caractères quantitatifs et qualitatifs (Harada et coll., 1961 ; Gamo et Ichiba, 1971, Yokoyama, 1959, Mano et coll., 1988).

Dans cette étude, le ratio de perte au décreusage chez les lignées ovales est compris entre 22,2 % (JPN8) et 25,8 % (CSR2) contre 25,7 % (KA) chez le témoin. Mais, on observe le ratio de perte au décreusage désiré chez les lignées A1 (24,5 %), A HT (24,4 %) et chez B HT (24,6 %). Chez les lignées cintrées il est de 24,4 % (916 B) à 26,7 % (CSR19) contre 26,2 % (NB4D2) chez le témoin. De même, on observe le ratio de perte au décreusage désiré chez les lignées cintrées 935 E (25 %) et 916 B (24,4 %). Ces observations indiquent clairement que le ratio de perte au décreusage est plus élevé chez les lignées cintrées que chez les lignées ovales. Le ratio de perte au décreusage chez les lignées ovales est maximum chez CSR2 (25,9 %) et minimum chez JPN8 (22,2 %). Chez les lignées cintrées, le ratio de perte au décreusage est maximum chez CSR19 (26,7) et minimum chez 916 B (24,4). Ces lignées avec un ratio de perte au décreusage optimum pourraient contribuer à une production de soie de meilleure qualité.

Netteté :

On observe une différence considérable pour la netteté chez les hybrides multi × bi et bi × bi. Chez les hybrides multi × bi, la netteté est de l'ordre de 70 à 85 points et chez les hybrides bivoltins, elle est de 85 à 95 points. En raison de la faible netteté chez les hybrides multi × bi, on n'utilise la soie que dans la trame pour le tissage de qualité supérieure (Sonwalker, 1992).

Dans cette étude, les lignées ovales, CSR2, CSR3 (91,8 p) obtiennent la netteté maximum et 8HT (91,3p) la netteté minimum. Chez les lignées cintrées, elle est maximum chez CSR6, B60, 5 HT

(91,8 p) et minimum chez FHT (91,3p). Une netteté plus élevée entraîne moins de défauts du tissu et on peut utiliser la soie dans la chaîne pendant le tissage (Sonwalker, 1991).

D'après les résultats obtenus pour le titre du filament de cocon, le ratio de perte au décreusage et la netteté, on a identifié huit lignées ovales c'est à dire JPN8, A70, CSR18, B HT, A3, CSR2, CSR3 et A1 et sept lignées cintrées c'est à dire CSR6, CSR19, B60, B63, G HT, 916 B, 935 E comme source potentielle de matériel de lignage pour un programme de lignage dans le futur.

EFFECT OF SHOOT THINNING ON MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN MULBERRY (*MORUS* SPP.)

M. T. HIMANTHARAJ, ASHOK KUMAR SAHOO*, J. KODANDARAMAIAH,
V. K. RAHAMATHULLA, G. S. VINDHYA & R. K. RAJAN.

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

The present investigation was undertaken to understand the influence of shoot thinning of lower weak side branches in high yielding VI mulberry variety. The results indicated 14.83% increase in the average shoot length, 9.95% improvement in leaf yield per crop, 21.9% improvement in individual leaf weight in the treated (shoot thinned) plants compared to the control. Further, it was also recorded a significant improvement in the content of photosynthetic pigments like chlorophyll-a, chlorophyll-b, carotenoids and the biochemical constituents of total nitrogen, crude protein, leaf sugars and starch in the shoot thinned plants.

Keywords: Shoot thinning, morphological, biochemical, nutrient content, mulberry.

INTRODUCTION

The most important factor in the management of sericulture is the improvement of mulberry cultivation techniques, since mulberry is the principal host plant of silkworm *Bombyx mori*. L. (Krishnaswami *et al.*, 1970). The growth and development of silkworm and their commercial parameters are affected by the quality of mulberry leaf (Shiva kumar, 1995, Himantharaj, 1994). After introduction of high yielding silkworm breeds, the production of quality mulberry leaves is inevitable and a must. Therefore, continuous efforts are being made to improve the quality of mulberry leaf through agronomical practices and varietal improvement (Krishnaswamy & Kashiviswanathan, 1979, Fotedar, 1995, Govindan & Naryanaswamy, 1988). After pruning/ shoot harvesting of mulberry, secondary and tertiary shoot appears from the stumps after the development of primary shoots. VI being the high yielding mulberry variety produces around 20-25 branches per plant, out of which 40% of branches are lateral branches. Growth of these weak, dwarf and lateral secondary and tertiary shoots affects the quality of mulberry leaves and they need to be removed as the inferior quality of leaves of these branches will not contribute much to the success of silkworm crops. (Machi, 1984). But, Yamazaki (2002) reported that farmers do not practice removal of side branches after each harvest, which results in more than 30-40% weak /side shoots. The higher number of side shoots affects the harvest efficiency and lower the quality of leaf produced. In view of this, a simple agronomic technique like shoot thinning of trailing side weak and dwarf branches was proposed to observe the effect on morphological and biochemical parameters in mulberry.

* Department of Sericulture, Govt. of Orissa, India.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out in an established plantation of high yielding mulberry variety V1 under fully irrigated condition with the spacing of (90+150 cm) x 90cm. Eight paired rows were randomly selected for the study with three replications. In four rows 10-12 branches were retained per plant by removing side weak branches after 30 days of pruning (Treatment). Another four rows were maintained as such without removing any lower branches (Control). Standard package of practices were followed by applying 20 MT of FYM and N: P: K at the rate of 350:140:140 kg/ha/yr in five splits (Kawakami, 2001). The biochemical parameters were estimated twice (on 45th day and 65th day of pruning) by following the procedures as indicated in parenthesis i. e., pigment contents (Chlorophyll-a, Chlorophyll-b and Total chlorophyll (Ronen & Galun Margalith, 1984), total nitrogen content (Piper, 1942), leaf sugar (Snell & Snell, 1957), starch content (Mc Credy *et al.*, 1950) and leaf moisture content by using infrared moisture analyzer. Between 60-65 days morphological parameters of mulberry i. e., height of the shoots, individual leaf weight and leaf yield/ crop were also recorded for both the treated and control plants. The experiment was repeated thrice and the data were subjected to suitable statistical analysis (Panse and Sukhatme, 1989) and results are presented in tables and figures.

RESULTS

Biochemical parameters:

The mean values obtained for various parameters along with F-tests and C. D. values are presented in Tables I-III and Figs 1-2.

Table I. Effect of shoot thinning on bio-chemical parameters in mulberry (mg/g of leaf fresh weight).

Tableau I. Effet de l'éclaircissement des pousses sur les paramètres biochimiques chez le mûrier (mg / g de poids de feuille frais).

	Chlorophyll-a		Chlorophyll - b		Total Chlorophyll		Carotenoid	
	Tender	Matured	Tender	Matured	Tender	Matured	Tender	Matured
	<i>Chlorophylle -a</i>		<i>Chlorophylle-b</i>		<i>Chlorophylle totale</i>		<i>Carotinoïdes</i>	
	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>
Treatment / <i>Traitement</i>	2.57	2.87	0.61	0.55	3.18	3.42	1.26	1.28
Control / <i>Témoin</i>	2.40	2.71	0.53	0.51	2.93	3.22	1.20	1.20
F-test	**	**	**	**	**	**	*	**
CD at 5 %	0.19	0.141	0.189	0.025	0.128	0.108	0.118	0.07

* Significant at 5 % level / *Significatif au seuil de 5 %*. **Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*.

Pigment content (mg/g of leaf fresh weight):

The data (Table I) reveals that the Chlorophyll-a pigment content of tender leaves of treated plants was 2.57, whereas in the control plots it was 2.40. Similarly the chlorophyll-b content was 0.61 in treated bushes and in control it was 0.53. Total chlorophyll content was significantly more in treatment (3.18) than the unthinned shoots of control (2.93). In case of carotenoid pigments too the highest value was recorded in the treatment plots (1.26) and lowest in the control plots (1.20)

Further, in the matured leaves also, similar trend was observed (chlorophyll-a – 2.87, chlorophyll-b – 0.55, total chlorophyll – 3.42 and carotenoid – 1.28) in shoot thinned plots and in control it was 2.71, 0.51, 3.22 and 1.20 respectively.

Leaf Moisture Content (%):

Table III. Indicates significant difference in leaf moisture content was observed between the treatment (77.814) and control plots (75.936) in respect of tender leaves. In matured leaves also, similar trend was observed (74.561 in treatment 71.325 in control).

Total Nitrogen Content (%):

In tender leaves more nitrogen content was observed in the treated batch (5.031) and significantly less in the control (4.191). In matured leaves also, it was found to be conspicuously more (5.158) in the treated batch and less (4.293) in the control. The data revealed significant and positive differences in total nitrogen values in the treated batch when compared to the control plots (Table III).

Table II. Effect of shoot thinning on bio-chemical parameters of mulberry.

Tableau II. Effet de l'éclaircissement des pousses sur les paramètres biochimiques du mûrier.

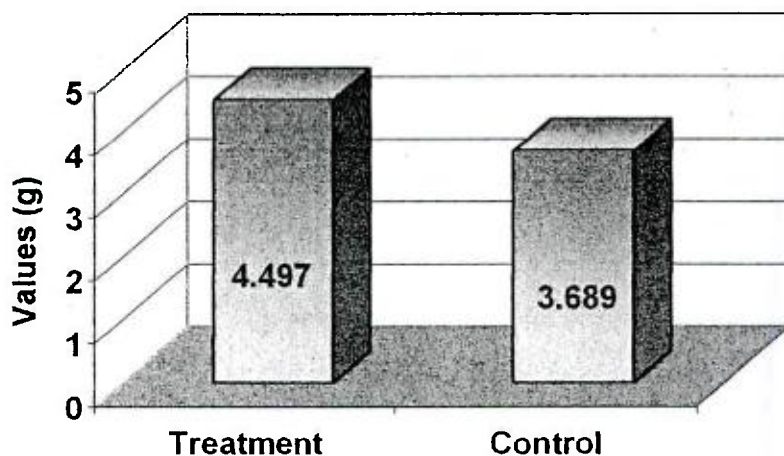
	Leaf moisture (%)		Total nitrogen (%)		Leaf sugar (mg/g leaf dry wt.)		Starch (mg/g leaf dry wt.)	
	Tender	Matured	Tender	Matured	Tender	Matured	Tender	Matured
	<i>Humidité de la feuille (%)</i>		<i>Azote total (%)</i>		<i>Sucres de la feuille (mg/g pds de feuille sèche)</i>		<i>Amidon (mg/g de poids sec de feuille)</i>	
	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>	<i>Tendres</i>	<i>Matures</i>
Treatment / <i>Traitement</i>	77.814	74.561	5.031	5.158	62.833	53.167	25.417	35.917
Control / <i>Témoin</i>	75.936	71.325	4.191	4.293	61.833	52.833	19.917	37.583
F-test	**	**	**	**	NS	NS	**	*
CD at 5%	0.131	3.25	0.433	0.503	-	-	4.202	5.477

*Significant at 5 % level / *Significatif au seuil de 5 %*, **Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*, NS -Non Significant / *Non significatif*.

Table III. Effect of shoot thinning on morphological parameters of mulberry.**Tableau III. Effet de l'éclaircissement des pousses sur les paramètres morphologiques du mûrier.**

	Average shoot height (cm)	Leaf yield per crop (Kg/ha)
	<i>Hauteur moyenne de la pousse (cm)</i>	<i>Rendement foliaire par récolte (kg / ha)</i>
Treatment / <i>Traitement</i>	209	12889
Control / <i>Témoin</i>	182	11772
F-test	**	*
CD at 5 %	19.37	1088.8

**Significant at 1 % level / *Significatif au seuil de 1 %*. *Significant at 5 % level / *Significatif au seuil de 5 %*.

**Fig. 1. Effect of shoot thinning on individual leaf weight.****Fig. 1. Effet de l'éclaircissement des pousses sur le poids foliaire individuel.**

Crude protein content (%):

Fig-2. Shows that there was a significant difference in crude protein, an important biochemical constituent between the treatment and control in both the tender and the matured leaves. The crude protein % was more (31.727) in the treatment than the control (26.361) in case of tender leaves. Similarly in case of matured leaves, the protein value was significantly more (31.891) in the treatment than in the control bushes (26.703)

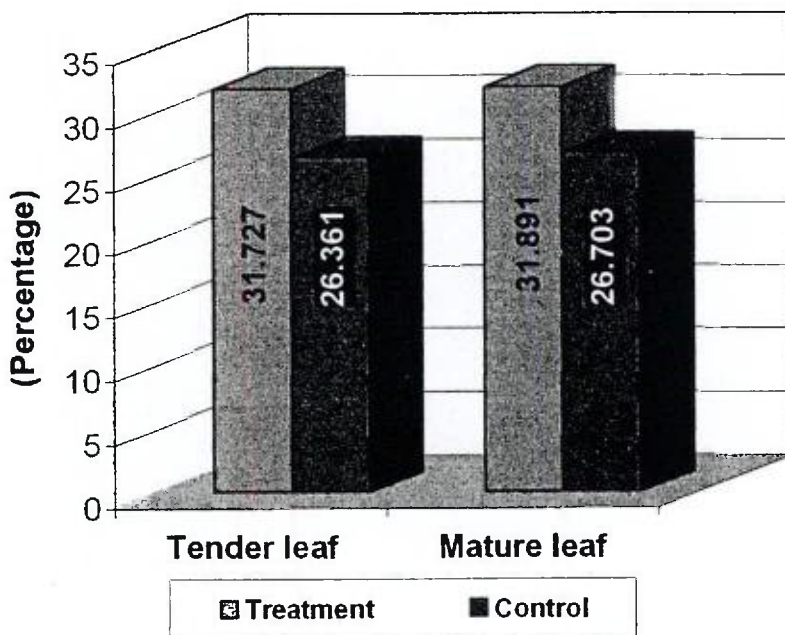


Fig. 2. Effect of shoot thinning on crude protein.

Fig 2. Effet de l'éclaircissement des pousses sur le taux de protéines brutes.

Leaf Sugar Content (mg/g leaf dry weight):

The data is presented in Table. II. In case of tender, it was slightly higher (62.833) than in the control (61.833) and in case of matured leaves also same trend was observed between the treatment (53.167) and the control plots (52.833). However, the improvement in sugar content of leaves was not reached to the significant level in the treatment.

Starch Content (mg/g leaf dry weight):

The data (Table II) revealed highly significant difference in starch content between the treatment and control in case of tender leaves. A conspicuously high value was observed in the treatment (25.417) when compared to the control (19.917). However, in case of matured leaves the difference was less or slightly reverse trend was observed between the treatment (35.917) and the control (37.583)

Morphological Parameters of Mulberry:

Average shoot length (cm):

An higher average shoot height (209) was recorded in the treatment than in the control (182). The data revealed that there was highly significant and positive difference between the treatment and control plots (Table I).

Leaf yield per crop (kg/ha/crop):

Significant improvement of leaf yield was observed in the treatment (12,889) compared to the control (11,722). The data revealed that there was a significant increase of leaf yield of 9.95% in treatment, compared to the control plots (Table III).

Individual leaf weight (gm):

More individual leaf weight (4.497) was recorded in the treated plots than in the control (3.689). The data revealed that there was a significant increase of leaf weight of 21.90% in the treatment compared to the unthinned control plants (Fig-1).

DISCUSSION

It was well established that the major factors, which determine the productivity and profitability in sericulture, are the quality and quantity of mulberry leaves (Krishnaswamy, 1978). Effective ways of increasing the yield of cocoons per unit area of mulberry garden are to improve the nutritive value of mulberry leaves as well as leaf yield by adopting various agronomical practices (Choudhary and Giridhar, 1987, Choudhary *et al.*, 1991, Das *et al* 1990, Purohit and Pavankumar, 1996). The mulberry plant requires regular training and pruning to maintain vigorous qualitative young shoots and foliage. These operations are bound to affect the physiological and biochemical make up of the plant.

The results of the present investigation are in consonance with the above findings, wherein the morphological parameters like average shoot height, leaf yield per crop and individual leaf weight were significantly high in the treated V1 mulberry plants compared to the unthinned control plants. The improvement is greatly due to removal of side weak, trailing and dwarf branches, which facilitated through redistribution of nutrients to the main strong branches. Thus, the relationship between the constitution of shoots and leaf yield shows that mulberry crop productivity can be improved by increasing the average shoot length of main branches.

The pigment estimation of V1 mulberry variety leaves revealed that significant improvement of Chlorophyll-a, b, total Chlorophyll and carotenoid contents in tender and matured leaves in the treatment is an indication of more photosynthetic pigment production. Leaf chlorophyll content is one of the criteria for quantifying the photosynthetic rate and more biomass production (Patil, 1998). Further, improvement of leaf moisture and other nutrients like total nitrogen, crude protein in both tender and coarse leaves may serve as one of the criteria for estimating their quality. Enhancement of nutrient value of mulberry leaves in this study having favorable effect on palatability and digestibility of silkworm. Similar observation was reported by Yokahama, 1975, Ito, 1978 and Himantharaj *et al.*, 2002.

Thus, the findings of the present investigation clearly shows that simple agronomical practices of shoot thinning by removal of 40% of weak, lateral branches after 30 days of pruning and retaining 10-12 straight erected branches per plant in mulberry significantly improves the plant growth, leaf yield and leaf quality.

REFERENCES

- CHOUHARY P. C., GIRIDHAR K. (1987). Mulberry cultivation In: Appropriate Sericulture Techniques. Ed. M. S. Jolly. Mysore. India.17-34.
- CHOUHARY P. C., SHUKLA. P., GHOSH A., SENGUPTA K. (1991) Effect of spacing, crown height and method of pruning on mulberry leaf yield, Quality and cocoon yield. Indian J. Seric., 30(1): 45-53.
- DAS P. K., CHOUHARY P. C., GHOSH, MALLIKARJUNA B., SURYANARAYANA N., SENGUPTA K. (1990). Effect of green manuring, dry weed and black polythene mulching on soil moisture conservation, growth and yield of mulberry and their economics under rainfed condition. Indian J. Seric.29 (2): 263-272.

- FOTEDAR R. K. (1995). Effect of different pruning heights on the mulberry yield and silkworm rearing. *Indian J. Seric.* 34(2): 105-109.
- GOVINDAN R. & NARAYANASWAMY T. K. (1988). Post pruning growth rate in same mulberry varieties. *Mysore J. Agric. Sci.* 22: 345-346.
- HIMANTHARAJ M. T. (1994). Studies on the Influence of nutrition on fecundity in silkworm *Bombyx mori* L. Ph. D: thesis. University of Mysore, India. p. 21-22
- HIMANTHARAJ M. T., GUSTAVO. A.G. G., SINGH G. B., VIGNETTE KUMAR & KAMBLE C. K. (2002). Effect of moisture content on tender mulberry leaf on growth and survival of young age silkworm and subsequent rearing performance. *Uttter Pradesh J. Zool.* 22(2): 157-161.
- ITO T. C. (1978). Silkworm nutrition in the silkworm an important laboratory tool. *TazimaY (Eds) Kodansha Ltd., Japan*, 121-125.
- KASHIVISWANATHAN K. & KRISHNASWAMI S. (1979). Studies on the effect of frequency of shoot pruning on the yield of mulberry. *Indian J. Seric.* 18 (10): 30-36.
- KAWAKAMI K. (2001). Illustrated working process of new Mulberry cultivation technology. JICA Publication. PPPBST project, C.S.R.&T.I, Mysore.
- KRISHNASWAMI S. (1970). Yield value of mulberry leaves as influenced by planting season, spacing and frequency of pruning. *Indian J. Seric.* 9(1): 38-42.
- KRISHNASWAMY S. (1978) Mulberry cultivation in South India, Bulletin No. 1, CSR&TI, Mysore, pp 1-9
- MC CREADY R. M., GUGGOLE J., SILVIERA V. & OWENS H. S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables: application to peas. *Annl. Chem.* 29: 1156-1158.
- Machii. H. (1984) Analysis of shoot development and growth in the mulberry. *J. Seric. Sci. Jpn.* 53 (5): 387-393.
- PANSE V. G. & SUKHATME P. V. (1989). Statistical method for agricultural Works. ICAR Publications. New Delhi.
- PATIL S. V. (1998). A correlation analysis of the components of leaf yield and quality in improved genotype of mulberry. Ph. D thesis, Bangalore University, Bangalore, p.180.
- PIPER C. S. (1942). Soil and plant analysis, Hans's publishers, Bombay
- PUROHIT K. M. & PAVANKUMAR T. (1996). Influence of various agrochemical practices in India on the leaf quality in mulberry, a review. *Sericologia*, 36(1): 27-39.
- RONEN R. & GALUN MARGALITH (1984). Pigment extraction from lichens with dimethyl sulfoide (DMSO) and estimation of chlorophyll degradation. *Environment and Experimental Botany.* 24(3): 239-245.
- SHIVAKUMAR (1995). Physiological and biochemical studies on nutrition in silkworm *Bombyx mori* L. Ph. D., thesis. Bangalore University, p. 211.
- SNELL F. D & SNELL C. T. (1957) In: Colorimetric methods of analysis (Ed.) D Van Nostrand, New York, 3: 203.
- YAMAJAKI A. (2002). Training of stumps and branches in mulberry. Comprehensive report on mulberry cultivation technology. PPPBST Project, CSR&TI, Mysore.
- YOKOYAMA T. (1975). Textbook of Tropical Sericulture. Japanese Overseas Co-Operation Volunteers, Tokyo, pp. 444-537.

EFFET DE L'ÉCLAIRCISSEMENT DES BRANCHES SUR LES PARAMETRES MORPHOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DU MURIER (*MORUS* SPP.)

M. T. HIMANTHARAJ, ASHOK KUMAR SAHOO*, J. KODANDARAMAIAH,
V. K. RAHAMATHULLA, G. S. VINDHYA & R. K. RAJAN

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

Cette étude a été entreprise pour comprendre l'influence de l'éclaircissement des pousses des branches latérales basses faibles chez la variété de mûrier à haut rendement V1. Les résultats indiquent une augmentation de la longueur moyenne de la pousse de 14,83 %, une amélioration du rendement foliaire par culture de 9,95 %, une amélioration du poids foliaire individuel de 21,9 %, chez les plants traités (dont les pousses sont éclaircies) par comparaison au témoin. De plus, on enregistre aussi une amélioration significative de la teneur en pigments photosynthétiques comme la chlorophylle-a, la chlorophylle-b, les caroténoïdes et en constituants biochimiques tels que l'azote total, les protéines brutes, les sucres et l'amidon chez les plants aux pousses éclaircies.

INTRODUCTION

Le facteur le plus important dans le succès de la sériciculture est l'amélioration des techniques de culture du mûrier, puisque le mûrier est la plante hôte principale du ver à soie *Bombyx mori* L. (Krisnaswami et coll., 1970). La croissance et le développement du ver à soie et ses paramètres commerciaux sont affectés par la qualité de la feuille de mûrier (Shivakumar, 1995, Himantharaj, 1994). Après l'introduction de lignées de vers à soie à haut rendement, il devient nécessaire et inévitable de produire des feuilles de mûrier de qualité. Des efforts continuels sont donc entrepris pour améliorer la qualité de la feuille de mûrier grâce aux pratiques agronomiques et à l'amélioration variétale (Krisnaswamy & Kashiviswanathan, 1979, Fotedar, 1995, Govindan & Naryanaswamy, 1988). Après la taille et la récolte des pousses de mûrier, des pousses secondaires et tertiaires apparaissent sur les souches après le développement des pousses primaires. V1, une variété de mûrier à rendement élevé, produit environ 20 à 25 branches par plant, dont 40 % des branches sont des branches latérales. La croissance de ces pousses faibles, naines, et latérales secondaires et tertiaires affecte la qualité des feuilles de mûrier et elles doivent être retirées puisque les feuilles de ces branches de qualité inférieure ne contribuent pas beaucoup au succès des récoltes de cocons (Machi, 1984). Mais Yamazaki (2002) a rapporté que les fermiers n'enlèvent pas les branches latérales après chaque récolte, ce qui donne plus de 30 à 40 % de pousses faibles latérales. Le nombre plus élevé de pousses latérales affecte l'efficacité de la récolte et diminue la qualité des feuilles produites. C'est à cet effet que nous proposons une technique agronomique simple, l'éclaircissement des pousses des branches latérales rampantes et naines pour observer l'effet sur les paramètres morphologiques et biochimiques du mûrier.

* Department of Sericulture, Govt. of Orissa, Inde.

MATERIELS ET METHODES

L'expérience est réalisée dans une plantation établie de la variété de mûrier à haut rendement V1 dans des conditions d'irrigation complète avec un espacement de (90 + 150 cm) × 90 cm. On sélectionne seize rangées au hasard en trois répétitions pour l'étude. Chez quatre rangées, on retient 10 à 12 branches par plant en enlevant les branches faibles latérales trente jours après la taille (traitement). Quatre autres rangées sont maintenues telles quelles sans enlever les branches inférieures (témoin). On suit l'ensemble des pratiques habituelles en appliquant 20 MT de fumure et du N : P : K au taux de 350 : 140 : 140 kg / ha / année en cinq doses séparées (Kawakami, 2001). On estime les paramètres biochimiques deux fois (le 45^{ème} jour et le 65^{ème} jour après la taille) en l'occurrence la teneur en pigments (chlorophylle-a, chlorophylle-b et chlorophylle totale (Ronene & Galun Margalith, 1984), la teneur en azote total (Piper, 1942), les sucres de la feuille (Snell & Snell, 1957), la teneur en amidon (Mc Credy et coll., 1950) et la teneur en humidité de la feuille en utilisant un analyseur de l'humidité à infrarouge. Entre 60 à 65 jours, on enregistre aussi les paramètres morphologiques du mûrier, c'est à dire la hauteur des pousses, le poids foliaire individuel et le rendement foliaire / récolte chez les plants traités et témoins. On répète l'expérience trois fois et on soumet les données à une analyse statistique adaptée (Panse et Sukhatme, 1989). Les résultats sont présentés dans les tableaux et les figures.

RESULTATS

Paramètres biochimiques :

Les valeurs moyennes obtenues pour les paramètres variés, les tests- F et les valeurs D. C. sont présentées dans les Tableaux I à III et les Figs. 1-2.

Teneur en pigments (mg / g poids frais de feuille) :

Les données (Tableau I) révèlent que la teneur en chlorophylle-a des feuilles tendres chez les plants traités est de 2,57 tandis que pour les parcelles témoins, elle est de 2,40. De même, la teneur en chlorophylle-b est de 0,61 chez les buissons traités et chez le témoin elle est de 0,53. La teneur en chlorophylle totale est significativement plus importante chez le traitement (3,18) que chez les pousses non éclaircies du témoin (2,93). Dans le cas des pigments caroténoïdes aussi, on enregistre la valeur la plus élevée chez les parcelles traitées (1,26) et la plus faible chez les parcelles témoins (1,20).

De plus, pour les feuilles à maturité, on observe une tendance similaire (chlorophylle-a 2,87 ; chlorophylle-b 0,55 ; chlorophylle totale 3,42 et caroténoïdes 1,28) chez les parcelles aux pousses éclaircies ; chez le témoin les valeurs sont respectivement de 2,7 ; 0,51 ; 3,22 et 1,20.

Teneur en humidité de la feuille (%) :

Le Tableau III indique qu'on observe une différence significative pour l'humidité de la feuille entre le traitement (77,814) et les parcelles témoins (75,936) pour les feuilles tendres. Pour les feuilles à maturité, on observe aussi cette tendance (74,561 chez le traitement, 71,325 chez le témoin).

Teneur en azote total (%) :

Dans les feuilles tendres, on observe une teneur plus importante en azote chez le lot traité (5,031) et significativement inférieure chez le témoin (4,191). Chez les feuilles à maturité aussi, elle s'avère manifestement plus élevée (5,158) chez le lot traité que chez le témoin (4,293). Les données révèlent des différences significatives et positives pour les valeurs d'azote total chez le lot traité par comparaison aux parcelles témoins (Tableau III).

Teneur en protéines brutes (%) :

La figure 2 montre qu'il y a une différence significative pour les protéines brutes, un constituant biochimique important, entre le traitement et le témoin chez les feuilles à la fois tendres et mures. Le pourcentage en protéines brutes est plus important (31,727) chez le traitement que chez le témoin (26,361) pour les feuilles tendres. De même, dans le cas des feuilles à maturité, la teneur en protéines est significativement plus importante (31,891) chez les buissons traités que chez les buissons témoins (26,703).

Teneur en sucres de la feuille (mg / g poids sec de la feuille):

Les données sont présentées dans le Tableau II. Dans le cas des feuilles tendres, elle est légèrement plus élevée (62,833) que chez le témoin (61,833) et dans le cas des feuilles à maturité, on observe la même tendance entre le traitement (53,167) et les parcelles témoins (52,833). Cependant, l'amélioration de la teneur en sucre des feuilles n'atteint pas un niveau significatif chez les feuilles traitées.

Teneur en amidon (mg / g poids sec de la feuille) :

Les données (Tableau II) révèlent une différence très significative de la teneur en amidon entre le traitement et le témoin dans le cas des feuilles tendres. On observe une valeur élevée marquée chez le traitement (25,417) par comparaison au témoin (19,917). Cependant, dans le cas des feuilles à maturité la différence est inférieure ou on observe une tendance légèrement inverse entre le traitement (35,917) et le témoin (37,583).

Paramètres morphologiques du mûrier :

Longueur moyenne de la pousse (cm) :

On enregistre une hauteur de pousse moyenne plus élevée (209) chez le traitement que chez le témoin (182). Les données révèlent qu'il y a une différence très significative et positive entre les lots traités et témoins (Tableau I).

Rendement foliaire par récolte (kg / ha / récolte) :

On observe une amélioration significative du rendement foliaire chez le traitement (12,889) par comparaison au témoin (11,722). Les données révèlent qu'il y a une augmentation significative du poids foliaire de 9,95 % chez le traitement, par comparaison aux parcelles témoins (Tableau III).

Poids foliaire individuel (g) :

On enregistre un poids foliaire individuel plus important (4,497) chez les parcelles traitées que chez les parcelles témoins (3,689). Les données révèlent qu'il y a une augmentation significative du poids foliaire de 21,90 % chez les plants traités par comparaison aux plants témoins non éclaircis (Fig. 1.)

DISCUSSION

Il est bien établi que les principaux facteurs qui déterminent la productivité et la rentabilité de la sériciculture sont la qualité et la quantité des feuilles de mûrier (Krishnaswamy, 1978). Les moyens efficaces pour améliorer le rendement en cocons par unité de surface de mûraie sont l'amélioration de la valeur nutritive des feuilles de mûrier et du rendement foliaire en adoptant des pratiques agronomiques variées (Choudhary et Giridhar, 1987, Choudhary et coll., 1991, Das et coll., 1990, Purohit et Pavankumar, 1996). Le plant de mûrier a besoin d'une conduite et d'une taille régulières pour maintenir des jeunes pousses et un feuillage vigoureux et de qualité. Ces opérations ont forcément un effet sur la constitution physiologique et biochimique du plant.

Les résultats de notre étude sont en accord avec ces observations, dans lesquelles les paramètres morphologiques comme la hauteur moyenne de la pousse, le rendement foliaire par récolte et le poids

foliaire individuel sont significativement élevés chez les plants de mûrier traités de VI par comparaison aux plants témoins non éclaircis. L'amélioration est grandement due au retrait des branches latérales faibles, rampantes et naines, qui facilite la redistribution des nutriments vers les branches fortes principales. Ainsi, la relation entre la constitution des pousses et le rendement foliaire montre que la productivité de la culture du mûrier peut être améliorée par l'augmentation de la longueur moyenne des pousses des branches principales.

L'estimation des pigments des feuilles de la variété de mûrier VI révèle une amélioration significative des teneurs en chlorophylle-a, b, en chlorophylle totale et en caroténoïdes chez les feuilles tendres et matures chez le traitement, ce qui indique qu'il y a une production de pigments photosynthétiques plus importante. La teneur en chlorophylle de la feuille est l'un des critères pour quantifier le taux photosynthétique et une production plus importante de biomasse (Patil, 1988). De plus, l'amélioration de l'humidité de la feuille et des autres nutriments comme l'azote total, les protéines brutes à la fois dans les feuilles tendres et épaisses, pourrait servir de critère pour estimer leur qualité. L'amélioration de la valeur nutritive des feuilles de mûrier dans cette étude a un effet favorable sur leur saveur et sur leur assimilation par le ver à soie. Yokahama, 1975, Ito, 1978 et Himantharaj et coll., 2002 ont rapporté des observations similaires.

Ainsi, les résultats de cette étude montrent clairement que des pratiques agronomiques simples comme l'éclaircissement des pousses en enlevant 40 % des branches latérales faibles trente jours après la taille et la conservation de 10 à 12 branches droites par plant chez le mûrier améliorent la croissance du plant, le rendement foliaire et la qualité de la feuille.

ABSCISIC ACID - A BIOCHEMICAL MARKER FOR SELECTION OF STRESS TOLERANT VARIETY OF MULBERRY

C. DAS*, A. K. MISRA, T. SENGUPTA, N. K. DAS, B. SARATCHANDRA,
P. K. MUKHERJEE & S. RAJE URS

Mulberry Physiology Laboratory, Central Sericultural Research & Training Institute,
Berhampore – 742101, West Bengal, India.

The phytohormone abscisic acid (ABA) was isolated from 5th leaves of different mulberry varieties—S1, S13, S34 and C1730 under normal and water stress conditions. Leaf endogenous level of ABA was maximum in S13 (9.56 n mol g⁻¹ dry weight) and C1730 (8.56 n mol g⁻¹ dry weight) under normal condition as compared to S1 (6.04 n mol g⁻¹ dry weight) and S34 (6.13 n mol g⁻¹ dry weight). Similar trend was also observed under severe moisture stress (75%) condition. It is revealed that extent of ABA production is positively correlated to degree of tolerance to water stress.

Keywords: Abscisic acid, moisture stress, mulberry.

INTRODUCTION

The hormone abscisic acid (ABA) mediates a number of important physiological processes in plants (Swamy and Smith, 1999). Physiological studies have shown that endogenous ABA levels increase in plant tissues subjected to water stress. It is well known that effect of ABA on plants results in turgor maintenance and perhaps enhanced drought resistance. Thus, enhanced ABA biosynthesis in shoots seems to be a key component of a plant in its defence against desiccation damage (Hartung and Davies, 1991 ; Tardieu and Davies, 1992). Several authors have noted that different species show substantial genetic variation in the capacity of ABA synthesis in shoots and several selection programmes to exploit this variation have been initiated (Hartung and Davies, 1991 ; Quarrie, 1983). Very little information is available in mulberry related to stress, so an attempt was made to evaluate stress tolerant mulberry varieties through estimation of ABA level in leaves.

MATERIALS AND METHODS

Saplings of four mulberry varieties i. e. S1, S13, S34 and C1730 were grown in earthen pots (30cm × 30 cm) containing 19 kg soil and farmyard manure. The plants were kept in glasshouse and daily irrigation was provided up to the field capacity under natural photoperiod of 12-13 hr. and temperature 32° ± 2° C. Relative air humidity around 80%, photosynthetic photon flux density between 300-800 μmol during the month of May. Pruning was given to the one year old plants and after 60 days of pruning the potted plants were divided into four sets—one set of potted plants irrigated

* For correspondence: Telephone no. 0091-3482 255563, 253962 (Extn. 215), Fax: 0091-3482-251046. E-mail: chinu-das-csrti@yahoo.co.in.

daily up to the field capacity served as no stress (control). The other three sets received water daily to 75%, 50% and 25% of the field capacity and served as mild, moderate and severe water stress respectively. Stress treatments were maintained up to 10 days. Soil moisture was taken at regular interval during the experimental period. Leaf samples were taken from the 5th position of the shoot from apex. Ten potted plants from each treatment were taken for this study.

Leaf yield per plant was recorded. The leaves were then detached and frozen immediately with liquid nitrogen from stressed and normal plants.

Extraction and estimation of abscisic acid through radio immuno assay technique:

Frozen leaves in liquid nitrogen were crushed to a powder and were shaken overnight at 4° C with deionised water and centrifuged at 2000 rpm for 5 minutes. The supernatant was taken for Radio immuno assay following the method of Quarrie *et al.*, (1988).

RESULTS AND DISCUSSION

It is seen that high level of ABA was obtained in S13 (20.94 and 43.6 n mol g⁻¹ dry weight) which also yielded maximum leaf (33.95 and 19.36) at both moderate (50%) and severe (75%) water stress condition respectively (Fig. 1A & B).

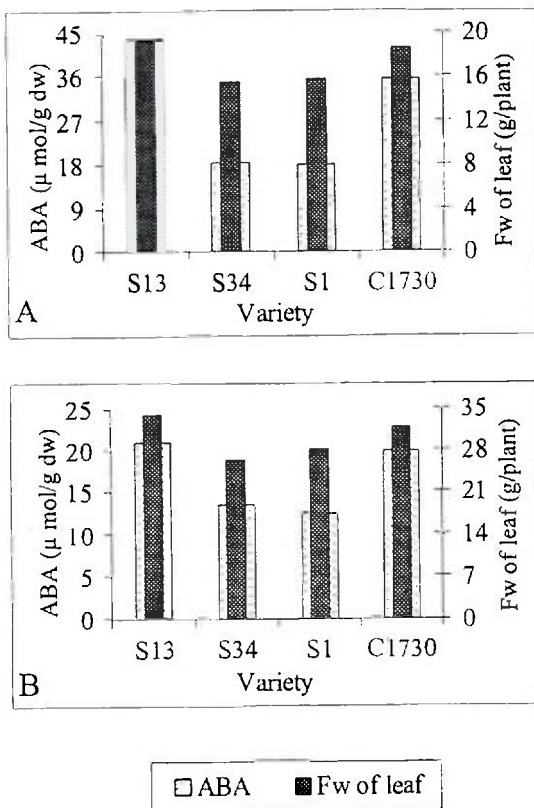


Fig. 1. ABA content and leaf yield of different mulberry varieties under severe (A) and moderate (B) moisture stress.

Fig. 1. Teneur en ABA et rendement foliaire de différentes variétés de mûrier sous un stress hydrique sévère (A) et modéré (B).

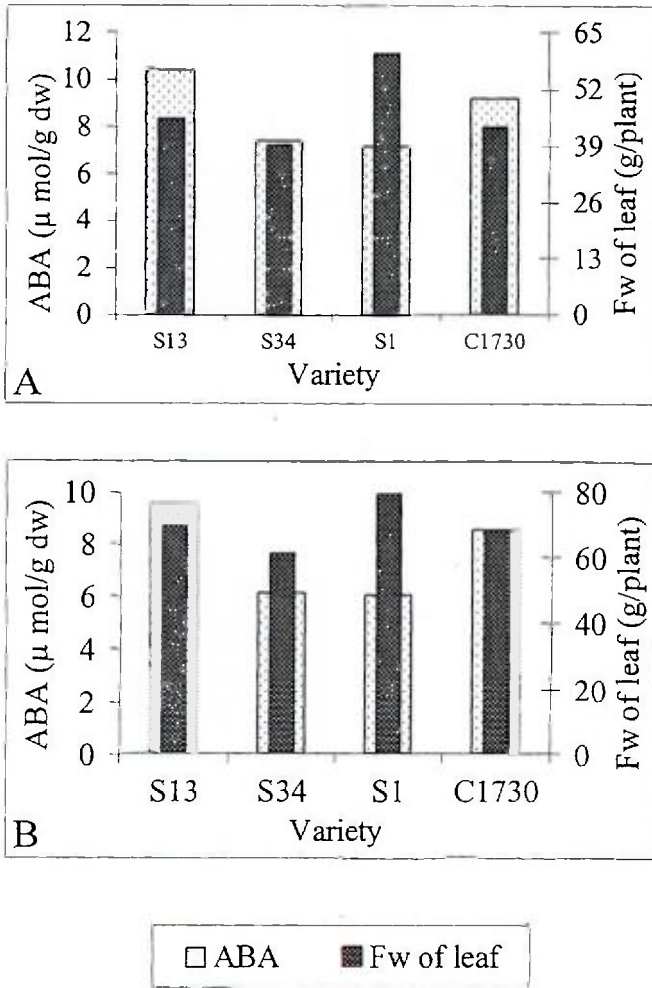


Fig. 2. ABA content and leaf yield of different mulberry varieties under mild (A) and no (B) moisture stress.

Fig. 2. Teneur en ABA et rendement foliaire de différentes variétés de mûrier sous un stress hydrique modéré (A) ou absent (B).

Low ABA level was found in S1 and S34 which were the lowest leaf yielder under moderate and severe water stress conditions. However, this type of consistent relationship between abscisic acid level and leaf yield was not seen in mild (25%) water stress condition (Fig. 2B).

Higher leaf yield is considered as one of the selection criteria for screening of drought tolerant varieties in mulberry. This inference can be made only after completion of prolonged period of all seasonal harvests. So to minimise the time, an alternative character – estimation of ABA level in mulberry varieties under normal and water stress condition can easily be taken as a selection criterion as it influences leaf yield under moisture stress condition.

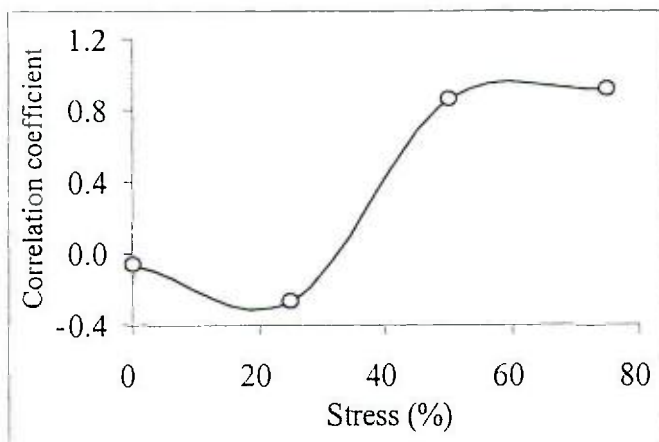


Fig. 3. Correlation between ABA content and leaf yield under water stress (% reduction of water level with respect to control).

Fig. 3. Corrélation entre la teneur en ABA et le rendement foliaire sous stress hydrique (% de diminution du niveau d'eau par rapport au témoin).

To statistically substantiate these findings, simple correlation co-efficient study was made between ABA content and leaf yield for each stress level. It is seen that ABA content of leaf is positively and highly correlated with leaf yield both under moderate (50%) and severe water stress (75%) conditions (Fig. 3). This correlation was not found significant under condition of mild water stress. Maximum level of ABA was obtained in S13 ($43.6 \text{ n mol. g}^{-1}$ dry weight) followed by C1730 ($35.42 \text{ n mol g}^{-1}$ dry weight) under severe water stress condition indicating that capacity to synthesize ABA and drought responses of stomata supporting the findings of Hartung and Davies (1991). The endogenous level of ABA was also maximum in these two genotypes (9.56 & $8.56 \text{ n mol g}^{-1}$ dry weight), which were grown under normal conditions (Fig. 2A). Changes in the capacity of osmotic adjustment and stabilisation of chemical injuries are considered as two prime factors that differ drought tolerant and sensitive cultivar of different plants and genetic variation of endogenous ABA level was positively correlated with resistance of plant (Quarrie, 1987). So in this study based on these findings ABA is identified as a biochemical marker for selection of drought tolerant genotype of mulberry.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors are thankful to Dr D. Sengupta, Reader, Plant Physiology Laboratory, Bose Institute, Calcutta, India for providing the facilities during the estimation of Abscisic Acid and Sri Mangal Saha for technical help during this study.

REFERENCES

- HARTUNG W., DAVIES W. J. (1991) Drought-induced changes in physiology and ABA. Abscisic acid : Physiology and Biochemistry W. J. Davies. Bio Scientific publisher Oxford, England pp. 63-80.
- QUARRIE S. A. (1983) Genetic differences in abscisic acid physiology and their potential uses in agriculture. In Abscisic Acid. In F. T. Addicott, ed Praeger, New York, pp. 356-420.
- QUARRIE S. A. (1987) Use of genotypes differing in endogenous abscisic acid levels in studies of physiology and development. In : Hormone action in plant development – A critical appraisal (G. V. Hoar, J. R. Lenton, M. B. Jackson & R. K. Atkin eds). Butterworths, London. 89-105.

- QUARRIE S. A., WHITFORD P. N., APPLEFORD N. E. J., WANG T. L., COOK S. K., HENSON I. E., LOVEYS B. R. (1988) A monoclonal antibody to (s) – abscisic acid in crude extracts of cereal and lupin leaves. *Planta*, 173, 330-339.
- SWAMY P. M., SMITH B. N. (1999) Role of abscisic acid in plant stress tolerance. *Current Science*, 76(9) 1220-1227.
- TARDIEU F., DAVIES W. J. (1992) Stomatal responses to abscisic acid is a function of current plant water status. *Plant Physiol.* 98, 540-545.

L'ACIDE ABSCISSIQUE - UN MARQUEUR BIOCHIMIQUE POUR LA SELECTION D'UNE VARIETE DE MURIER TOLERANT LE STRESS

C. DAS*, A. K. MISRA, T. SENGUPTA, N. K. DAS, B. SARATCHANDRA,
P. K. MUKHERJEE & S. RAJE URS

Mulberry Physiology Laboratory, Central Sericultural Research & Training Institute,
Berhampore – 742 101, West Bengal, Inde.

On a isolé la phytohormone acide abscissique (ABA) à partir des 5^{ème} feuilles chez différentes variétés de mûrier – S1, S13, S34 et C1730 dans des conditions normales et de stress hydrique. Le niveau endogène d'ABA dans la feuille est maximum chez S13 (9,56 n mol g⁻¹ de poids sec) et chez C1730 (8,56 n mol g⁻¹ poids sec) dans des conditions normales par comparaison à S1 (6,04 n mol g⁻¹ sur poids sec) et S34 (6,13 n mol g⁻¹ sur poids sec). On observe une tendance similaire avec une condition de stress sévère par rapport à l'humidité (75 %). On constate que le degré de production d'ABA est positivement corrélé au degré de tolérance au stress hydrique.

INTRODUCTION

L'hormone acide abscissique (ABA) sert d'intermédiaire à un certain nombre de processus physiologiques importants chez les plantes (Swamy et Smith, 1999). Les études physiologiques ont montré que les niveaux d'ABA endogène augmentent dans les tissus des plantes soumises à un stress hydrique. On connaît très bien l'effet de l'ABA sur les plantes qui entraîne le maintien de la turgescence et augmente peut-être leur résistance à la sécheresse. L'amélioration de la biosynthèse de l'ABA dans les pousses semble donc être un composant clé de la plante dans sa défense contre les dégâts provoqués par la dessiccation (Hartung et Davies, 1991 ; Tardieu et Davies, 1992). Plusieurs auteurs ont remarqué que les différentes espèces présentent une variation génétique importante dans leur capacité à synthétiser l'ABA dans les pousses et plusieurs programmes de sélection ont été mis en œuvre pour exploiter cette variation (Hartung et Davies, 1991 ; Quarrie, 1983). Il existe très peu d'information relatives au stress chez le mûrier ; nous avons donc fait un essai pour évaluer les variétés tolérantes le stress par l'estimation du niveau d'ABA dans les feuilles.

MATERIELS ET METHODES

On cultive de jeunes arbres de quatre variétés de mûrier c'est à dire S1, S13, S34 et C1730 dans des pots en terre (30 cm × 30 cm) contenant 19 kg de sol et de fumure. On conserve les plants dans une serre et on procède à l'irrigation quotidienne jusqu'à la capacité du sol avec une photopériode naturelle de 12 à 13 hr et une température de 32° ± 2° C. L'humidité relative de l'air est autour de 80 %, la densité photosynthétique de flux des photons entre 300 et 800 μmol au mois de mai. On taille les plants de un an et, 60 jours après la taille, on divise les plants en pots en quatre lots dont un lot de plants irrigués quotidiennement jusqu'à la capacité du sol qui sert de témoin. Les trois autres lots reçoivent de l'eau quotidiennement jusqu'à 75 %, 50 % et 25 % de la capacité du sol et correspondent respectivement à un stress hydrique faible, modéré et sévère. On maintient les traitements de stress

pendant 10 jours. On mesure l'humidité du sol à intervalles réguliers pendant la période expérimentale. On prend les échantillons de feuilles chez les pousses du sommet à partir de la 5^{ème} position. On prend en considération dix plants en pot pour chaque traitement dans cette étude.

On enregistre le rendement foliaire par plant. Ensuite, on détache les feuilles provenant de plants stressés et normaux et on les congèle immédiatement dans de l'azote liquide.

Extraction et estimation de l'acide abscissique par la technique de dosage radio-immunologique :

Les feuilles congelées dans l'azote liquide sont écrasées sous forme de poudre et agitées pendant la nuit à 4° C dans de l'eau déionisée puis centrifugées à 2000 tpm pendant 5 minutes. On prend le surnageant pour le dosage radio immunologique en suivant la méthode de Quarrie et coll., (1988).

RESULTATS ET DISCUSSION

On voit que S13 a le niveau le plus élevé en ABA (20,94 et 43,6 n mol g⁻¹ sur poids sec) et donne aussi le rendement foliaire maximum (33,95 et 19,36) dans des conditions de stress hydrique à la fois modéré (50 %) et sévère (75 %) (Fig. 1A et B).

On trouve un faible niveau d'ABA chez S1 et S34 qui donnent le rendement foliaire le plus faible dans des conditions de stress modéré et sévère. Cependant, on ne voit pas ce type de relation constante entre le niveau d'acide abscissique et le rendement foliaire dans les conditions de stress léger (25 %) (Fig. 2B).

Le rendement foliaire plus élevé est considéré comme l'un des critères de sélection pour l'évaluation des variétés de mûrier tolérant la sécheresse. Mais on ne peut conclure cela qu'à la fin des récoltes. Ainsi pour gagner du temps, on peut facilement prendre comme alternative l'estimation du niveau d'ABA dans des conditions normales et de stress hydrique chez les variétés de mûrier comme critère de sélection car il influence le rendement foliaire dans des conditions de stress hydrique.

Pour confirmer ces constatations sur le plan statistique, on procède à une simple étude du coefficient de corrélation entre la teneur en ABA et le rendement foliaire pour chaque niveau de stress. On constate que la teneur en ABA de la feuille est positivement et fortement corrélée avec le rendement foliaire à la fois dans des conditions de stress modéré (50 %) et sévère (75 %) (Fig. 3). On ne trouve pas cette corrélation significative dans des conditions de stress hydrique faible. On obtient le niveau maximum d'ABA chez S13 (43,6 n mol, g⁻¹ sur poids sec) suivi par C1730 (35,42 n mol g⁻¹ sur poids sec) dans des conditions de stress hydrique sévère, ce qui indique leur capacité à synthétiser l'ABA et les réponses des stomates à la sécheresse et confirme les observations de Hartung et Davies (1991). Le niveau endogène d'ABA est aussi maximum chez ces deux génotypes (9,56 et 8,56 n mol g⁻¹ sur poids sec), quand on les cultive dans des conditions normales (Fig. 2A). On considère que les changements de la capacité d'ajustement osmotique et la stabilisation des blessures chimiques sont les deux principaux facteurs qui distinguent les cultivars tolérant la sécheresse des cultivars sensibles chez les différentes plantes et la variation génétique du niveau endogène en ABA est corrélée positivement avec la résistance de la plante (Quarrie, 1987). A partir de ces constatations, on a donc identifié l'ABA dans cette étude comme un marqueur biochimique pour la sélection de génotypes de mûrier tolérant la sécheresse.

STUDIES ON TAXONOMY AND FLORAL BIOLOGY OF GANSARAI *CINNAMOMUM GLAUDESCENS* (NEES EX WALL) DRURY (LAURALES - LAURACEAE)

RAJA RAM, S. KUMAR* & B. C. GOSWAMI**

Central Tasar Research and Training Institute, Research Extension Centre, Palampur –
176 061 (H. P.), India.

Studies on taxonomy, plant morphology and floral biology of Gansarai (Cinnamomum glaucescens) were carried out at Rajapara near Regional Muga Research Station, Boko, Kamrup Dist. of Assam, India during 1992-93. Results show that leaf size, seed size and seed shape vary considerably from plant to plant in Gansarai. Flowering takes place from third week of January to end of April. Flowers appear on main axis and lateral branches. The outer tepals of flower opened first and closed later while inner tepals opened late and closed earlier. The maximum anthesis was noticed from 10.00 a.m. to 12.00 noon and dehiscence from 11.00 a. m. to 12.00 noon. Pollen fertility was recorded to be of 94 percent and stigma was receptive upto 3 hours after anthesis. The studies will help in understanding the reproductive mechanism and selection of suitable plants for muga silkworm rearing.

Keywords: *Cinnamomum glaucescens*, taxonomy, variability, floral biology, anthesis, receptivity.

INTRODUCTION

Raja Ram and Samson (1991) reported that Gansarai (*Cinnamomum glaucescens* syn. *C. glanduliferum* meissn) is an additional primary host plant for muga silkworm (*Antheraea assama*). It is also a secondary host plant for Eri silkworm (*Samia cynthia ricini* hutt.). Kosterman (1971) stated that Gansarai is distributed in Assam, Garo hills, West Bengal and Dehradun, Sub himalayan tract, Sikkim, Khasi hills and Manipur. Its presence was also reported in Kumaon (Brandis, 1978) and Jaintia hills (Kangi Lai *et al.*, 1982). Variation in leaf size and shape in Gansarai have been reported by Hooker (1880) and Kanji Lal *et al.*, (1982).

Floral biology plays an important role to understand the reproductive mechanism in plant population. Review of literature showed that no work has so far been made in this direction. Therefore, it was felt necessary to study the floral biology of Gansarai which would help in the breeding programme as well as in understanding its taxonomic status. In view of the above, the present study was undertaken.

* Senior Lecturer Department of Botany, Agra College, Agra – 28200, India.

** Professor and Head, Department of Botany Gauhati University, Gauhati – 781 014, India.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in farmer's field at Rajapara near Regional Muga Research Station, Boko, Kamrup district of Assam (North East India) during 1992-93. Four plants were chosen and ten shoots were tagged on each plant. Commencement as well as cessation of flowering were recorded in the plant and duration of flowering was observed. Floral morphology, anthesis, dehiscence of anther, pollen grain fertility (Johansen, 1940) and receptivity of stigma were studied as per standard methods (Yadav *et al.*, 1985).

RESULTS AND DISCUSSION

Taxonomy:

Gansarai is a perennial, evergreen, large size tree, which attains a height of about 30 metres at maturity. It sprouts 2-3 times in a year, firstly just after flowering during January – February, secondly during June – July and thirdly in October – November.

Stem:

Cylindrical, woody, dark grey and inner of bark is reddish brown.

Leaf:

Simple, exstipulate, petiolate, petiole length varied from 1.2 to 3.0 cm. Leaf shape oblanceolate or acuminate and its length varies from 9.0 to 15.8 cm and breadth from 4.00 to 6.5 cm.

Inflorescence:

Panicle, usually crowded at the base of the current year shoot, covered with 20 to 40 bracts. The number of panicles per inflorescence on an average were 11.6. The number of buds per panicle varied from 8 to 12. Similarly, the length of panicle also varied from 1.8 to 6.00 cm.

Flower:

Yellowish green, hermaphrodite, hypogynous, regular, pedicellate, pedicel length varies from 4 to 6 mm, small, 18-11 mm in length and 7-9 mm in breadth. Middle flowers were 9-11 mm in length and 8 to 9 mm breadth while outer flowers were 7-10 mm in length and 5-8 mm in breadth.

Perianth:

Tepals usually 6, rarely 7 or 8, arranged in two whorls, outer whorls were smaller in length as well as in width than inner whorls. Outer tepals were 3.5 mm in length and 1.4 mm in breadth, while inner were 4.5 mm in length and 2.00 mm in breadth.

Androecium:

Stamens 6-14 in numbers, normally 12 arranged in 4 whorls, fertile stamens 9, outer two whorls of stamens were adnate to the perianth while inner ones were free. Stamen's length varied from 1.2 – 2.00 mm. The outer whorls of stamen were slightly bigger than inner. The inner stamens were with a pair of lateral small glands. The inner fourth whorl was completely staminodes, rarely with one or two fertile stamens. Anthers were 4 celled, rarely, 1, 2 or 7 lobed with filament, filaments hairy at the base, opening by valve. Staminodes cordate with rudimentary stalk.

Gynoecium:

Ovary unilocular with single pendulous ovule, ovary superior, with marginal placentation, stigma white in colour.

Fruit:

Drupe, pinkish purple to dark purple, globose, 1-5-2.0 cm in length and 1.5-2.1 cm in breadth, surrounded by a base of 1.4 cm long perianth tube.

Seed:

Oval to rounded, 0.8 to 1.3 cm in length and 0.5 – 1.2 cm in breadth. Seed weight varied from 0.2 to 1.2 g according to seed size with a pair of large planoconvex cotyledons, cotyledons equal or unequal with hard seed coat. Over mature seeds were dark purple with stripes, mature pinkish brown while immature seeds were brownish green with white spots.

Flowering:

Third week of January to the end of April.

Fruiting:

After fertilization, fruit took 7 to 8 months for ripening.

FLORAL BIOLOGY

Time and duration of flowering:

The inflorescence appeared in the month of December and continued until second week of March. The peak flowering period lasted from third week of January to the last week of February. The apical bud of most of the branches terminated into the floral bud and each floral bud was a complete receme type inflorescence.

Flowering habit:

The apical bud of most branches terminate into flower bud. Reproductive buds were bigger as compared to vegetative buds. Sometimes, the terminal part of the axis of each branch reconverted into vegetative part bearing new leaves and the reproductive part, bearing peduncles with flower buds. The elongated main axis and lateral branches bore the flowers. Each terminal branch bore usually three flowers up to the second order, rarely one or two flowers. The middle flower bud, of terminal branches bloomed earlier than others.

Anthesis:

Opening of the flower started from 6.00 a. m. and continued up to 3.0 p. m. beyond which, it was negligible. The outer tepals opened first and closed later, while the inner ones opened later and closed first. The outer tepals took 45 minutes to 2 h for opening and 40 minutes to 1 h 30 min for closing or setting back, while inner tepals took 40 minutes to 1 h 30 min for opening and 40 minutes to 1 h 15 min for closing. The maximum number of outer tepals opened at 9.00 am while inner tepals at 10.00 a.m. The flowers remained under full bloomed condition for a very short period. It is clear from the data presented in Figure 1 that the maximum number of flowers (36.93%) opened between 10.00 a. m. to 12.00 noon.

Dehiscence of anthers:

The dehiscence of anthers started with anthesis. All anthers did not dehisce at time. The dehiscence of the anthers was from lower to upward direction. Each lobe took 5 to 10 minutes to separate out from the anther. The time taken by flowers to vacate all the pollen sacs of all stamens varied from 45 minutes to 3hrs. Dehiscence started from 8.00 a. m. and continued until 2.50 p. m. The dehiscence was the highest (29.31%) between 11.00 a. m. to 12.00 noon.

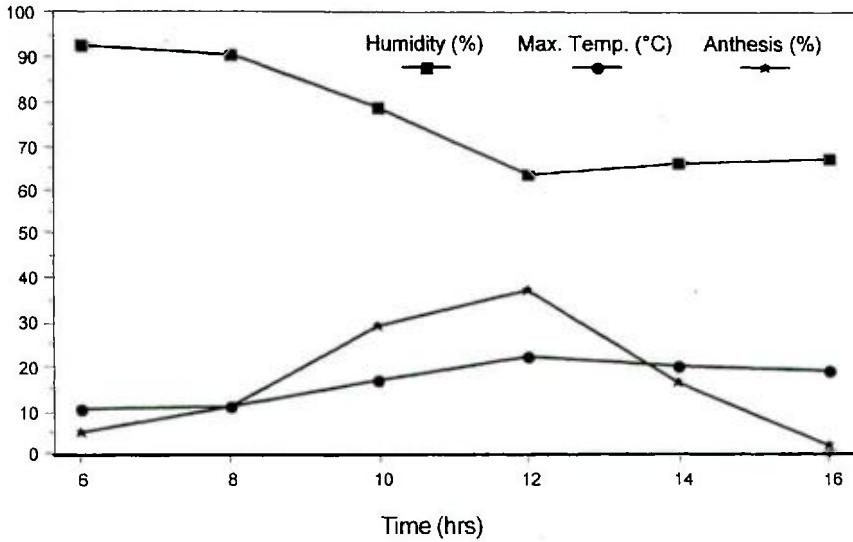


Fig. 1. Effect of temperature and humidity on anthesis in *Cinnamomum glaucescens*.

Fig. 1. Effet de la température et de l'humidité sur l'anthèse chez *Cinnamomum glaucescens*.

Pollen grain and their fertility:

Pollen grains appeared as fine powdery mass, spherical in shape with two coats of exine and intine. The average size of pollen grains was 29 μ . The pollen fertility was estimated to be 94.0% in acetocarmine. The pollen grains which stained completely and looked normal were regarded as fertile while shrivelled and weakly stained ones as sterile.

Receptivity of stigma:

Stigma receptivity was observed by visual methods with the help of a hand lens after the opening of the tepals to closing of tepals. The stigma was receptive up to 3 hours after anthesis, after which the shiny white colour of it gradually became dull violet and later turned into black, indicating the loss of receptivity.

Pollination:

Air and insects are the main sources for pollination in this species.

Studies on flowering time and flower habit indicate that peak flowering time was third week of January to last week of February. The apical bud of most branches terminate into floral bud. Main axis and lateral branches bore the flowers. The peak period of anthesis was 10.0 a. m. to 12.00 noon and dehiscence was from 11.00 a. m. to 12.00 noon, before and after that these gradually decreased which might be due to the effect of temperature, humidity and photoperiod (Yadav *et al.*, 1985; Ilyas, 1992). Pollen fertility was very high (94-100 %) and stigma was receptive up to 3 hrs after anthesis.

Taxonomic status and floral biology of *C. glaucescens* can play an important role in understanding the reproductive mechanism in plant population and its identity. The genetic variation in the plant

population will help in breeding programs and selection of more suitable plants for muga silkworm rearing.

REFERENCES

- BRADIS D. K. C. I. F. (1978) Indian Tree. Bishan Singh Mahendra Pal Singh 23 A New Cannaugh Place Deharadun, pp. 534-538.
- HOOKE J. D. (1880) The flora of British India Vol, V: 135.
- ILYAS Md. M. H (1992) Studies on floral biology in *Benincasa hispida* (JHONB) COCH. Geobios New Report 11, 190-191.
- JOHANSEN D. A. (1940) Plant Microtechnique. Mc Graw Hill New York.
- KANGI LAI U. N., KANGI LAI P. C. & DE R. N. (1982) Flora of Assam. Published under the authority of the Govt. of Assam. Gauhati Vol. IV, 58-89.
- KOSTERMAN A. J. G. H. (1970) Material for a revision of lauraceae 111. Journal on taxonomic botany. Plant Sociology and Ecology, Reinwardtia 8(1): 21-196.
- RAJA RAM & SAMSON M. V. (1991) *Cinnamomum glanduliferum* Meissn as secondary host plant for Eri silkworm, *Samia cynthia ricini* Hutt. Indian J. Seric. 30(1), 64-65.
- RAJA RAM & SAMSON M. V. (1991) *Cinnamomum glanduliferum* Meissn as an additional primary host plant for *Antheraea assama* Ww. Indian J. Seric. 30(1): 68-69.
- YADAV G. S., ISA MD., THANGAVELU K. 1985. Studies on the taxonomy and floral biology of Som (*Machilus bombycina* King (Laurales - Lauraceae) Sericologia. 25: 63-70.

ETUDES SUR LA TAXONOMIE ET LA BIOLOGIE FLORALE DE GANSARAI *CINNAMOMUM GLAUDESCENS* (NEES EX WALL) DRURY (LAURALES - LAURACEAE)

RAJA RAM, S. KUMAR* & B. C. GOSWAMI**

Central Tasar Research and Training Institute, Research Extension Centre, Palampur – 176 061,
(H. P.), Inde.

Nous avons réalisé des études sur la taxonomie, la morphologie des plantes et la biologie florale de Gansarai (Cinnamomum glaucescens) à Rajapara près de la Regional Muga Research Station, de Boko à Kamrup dans la région de l'Assam, en Inde de 1992 à 1993. Les résultats montrent que la taille de la feuille, la taille et la forme de la graine varient considérablement d'une plante à l'autre chez Gansarai. La floraison a lieu à partir de la troisième semaine de janvier jusqu'à fin avril. Les fleurs apparaissent sur l'axe principal et sur les branches latérales. Les tépales extérieurs de la fleur s'ouvrent d'abord et se ferment plus tard tandis que les tépales intérieurs s'ouvrent plus tard et se ferment plus tôt. On remarque l'anthèse maximum de 10.00 h à 12.00 h et la déhiscence de 11.00 h à midi. On observe que la fertilité est de 94 pour-cent et que les stigmates sont réceptifs jusqu'à 3 heures après l'anthèse. Les études permettront de comprendre le mécanisme de reproduction et de sélectionner des plants adaptés pour l'élevage du muga.

INTRODUCTION

Raja Ram et Samson (1991) ont rapporté que Gansarai (*Cinnamomum glaucescens* syn. *C. glanduliferum* Meisn) est une plante hôte primaire supplémentaire du ver à soie muga (*Antheraea assama*). C'est aussi une plante hôte secondaire du ver à soie Eri (*Samia cynthia ricini* Hutt.). Kosterman (1971) a précisé que Gansarai est distribué dans l'Assam, dans les collines de Garo, dans le Bengale ouest et à Dehradun, dans la partie sub himalayenne, dans le Sikkim, dans les collines de Khasi et dans le Manipur. On a aussi rapporté sa présence à Kumaon (Brandis, 1978) et dans les collines de Jaintia (Kangi Lai et coll., 1982). Hooker (1880) et Kanji Lal et coll., (1982) ont observé une variation de la taille et de la forme de la feuille.

La biologie florale joue un rôle important pour comprendre le mécanisme de la reproduction dans la population des plantes. L'étude de la littérature montre qu'aucun travail n'a été entrepris dans cette direction. On a donc ressenti le besoin d'étudier la biologie florale de Gansarai, ce qui sera utile dans les programmes de lignage et permettra de comprendre son statut taxonomique.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée sur un terrain à Rajapara près de la *Regional Muga Research Station*, à Boko, dans la région de Kamrup dans l'Assam (nord-est de l'Inde) de 1992 à 1993. On choisit quatre plants et on marque dix pousses sur chaque plant. On enregistre le début ainsi que la fin de la floraison

* Senior Lecturer, Department of Botany, Agra College, Agra – 28 200, Inde.

** Professor and Head, Department of Botany Gauhati University, Gauhati – 781 014, Inde.

chez la plante et la durée de la floraison. On étudie la morphologie florale, l'anthèse, la déhiscence de l'anthère, la fertilité du grain de pollen (Johansen, 1940) et la réceptivité du stigmate selon les méthodes habituelles (Yadav et coll., 1985).

RESULTATS ET DISCUSSION

Taxonomie :

Gansarai est un arbre vivace, à feuilles persistantes, de grande taille qui atteint environ 30 mètres à maturité. Il bourgeonne 2 à 3 fois par an, d'abord juste après la floraison en janvier – février, deuxièmement en juin – juillet et troisièmement en octobre – novembre.

Tronc :

Cylindrique, ligneux, gris foncé, et l'intérieur de l'écorce est marron rougeâtre.

Feuille :

Simple, exstipulée, pétiolée, la longueur du pétiole varie de 1,2 à 3 cm. La forme de la feuille est oblancéolée ou acuminée et sa longueur varie de 9 à 15,8 cm et sa largeur de 4 à 6,5 cm.

Inflorescence :

Le panicule, que l'on trouve en général à la base de la pousse de l'année en cours, est recouvert par 20 à 40 bractées. Le nombre de panicules par inflorescence est en moyenne de 11,6. Le nombre de bourgeons par panicule varie entre 8 et 12. De même, la longueur du panicule varie de 1,8 à 6 cm.

Fleur:

Jaune vert, hermaphrodite, hypogyne, régulière, pédicellée, la longueur du pédicelle varie de 4 à 6 mm pour les petites et de 18 à 11 mm pour les grandes et sa largeur est de 7 à 9 mm. Les fleurs du milieu font de 9 à 11 mm de longueur et de 8 à 9 mm de largeur tandis que les fleurs extérieures font de 7 à 10 mm de longueur et de 5 à 8 mm de largeur.

Périclyme :

Il y a en général 6 tépales, rarement 7 ou 8, disposés en deux verticilles, les verticilles extérieurs étant plus petits en longueur et en largeur que les verticilles intérieurs. Les tépales extérieurs font 3,5 mm de longueur et 1,4 mm de largeur tandis que les tépales intérieurs font 4,5 mm de longueur et 2 mm de largeur.

Androecium :

Les étamines sont au nombre de 6 à 14, normalement 12 disposées en 4 verticilles. Il y a 9 étamines fertiles. Les deux verticilles extérieurs des étamines sont adhérents au périclyme tandis que les verticilles intérieurs sont libres. La longueur de l'étamine varie de 1,2 à 2 mm. Les verticilles extérieurs d'étamines sont légèrement plus grands que les verticilles intérieurs. Les étamines intérieures ont une paire de petites glandes latérales. Le quatrième verticille intérieur est un staminode complet, rarement avec une ou deux étamines fertiles. Les anthères ont 4 parois, rarement 1, 2 ou 7 et sont lobées avec un filament ; les filaments sont poilus à la base et s'ouvrent par une valve. Les staminodes sont cordés avec un pédoncule rudimentaire.

Le gynécée :

Ovaire uniloculaire avec un ovule unique pendant, ovaire supérieur avec une placentation marginale, stigmate de couleur blanche.

Fruit :

Fruit à noyau, violet rosé à violet foncé, globulaire, 1,5 à 2 cm de longueur et 1,5 à 2,1 cm de largeur, entouré à la base par un tube de périanthe de 1,4 cm de long.

Graine :

Ovale à ronde, 0,8 à 1,3 cm de longueur et 0,5 à 1,2 cm de largeur. Le poids de la graine varie de 0,2 à 1,2 g selon la taille de la graine avec une paire de cotylédons planoconvexes, des cotylédons égaux ou inégaux avec une pellicule dure. Les graines très mûres sont violet foncé avec des rayures, les graines mûres sont marron rosé tandis que les graines immatures sont vert marron avec des points blancs.

Floraison :

Troisième semaine de janvier à fin avril.

Fructification :

Après la fécondation, le fruit prend 7 à 8 mois pour la maturation.

BIOLOGIE FLORALE

Période et durée de la floraison :

L'inflorescence apparaît au mois de décembre et dure jusqu'à la deuxième semaine de mars. La période de floraison maximum dure de la troisième semaine de janvier à la dernière semaine de février. Le bourgeon apical de la plupart des branches se termine en bourgeon floral et chaque bourgeon floral donne une inflorescence.

Habitude de floraison :

Le bourgeon apical de la plupart des branches se termine en bourgeon floral. Les bourgeons reproductifs sont plus grands que les bourgeons végétatifs. Parfois, la partie terminale de l'axe de chaque branche se convertit en partie végétative portant de nouvelles feuilles et la partie reproductive porte des pédoncules avec des bourgeons de fleurs. L'axe principal allongé et les branches latérales portent les fleurs. Chaque branche terminale porte en général trois fleurs jusqu'au deuxième ordre, rarement une ou deux fleurs. Le bourgeon floral du milieu des branches terminales fleurit plus tôt que les autres.

Anthèse :

L'ouverture de la fleur commence à 6 heures et se poursuit jusqu'à quinze heures, après elle est négligeable. Les tépales extérieurs s'ouvrent en premier et se ferment plus tard, tandis que les tépales intérieurs s'ouvrent plus tard et se ferment en premier. Les tépales externes prennent de 45 minutes à 2 h pour s'ouvrir et de 40 minutes à 1 h 30 min pour se fermer ou se replier tandis que les tépales intérieurs prennent de 40 minutes à 1 h 30 pour s'ouvrir et de 40 minutes à 1 h 15 min pour se fermer. Le nombre maximum de tépales extérieurs s'ouvre à 9.00 heures tandis que les tépales intérieurs s'ouvrent à 10 heures. Les fleurs demeurent en pleine floraison pendant une période très courte. Il est clair d'après les données présentées dans la Figure 1 que le nombre maximum de fleurs (36,93 %) s'ouvre entre 10 heures et 12 heures.

Déhiscence des anthères :

La déhiscence des anthères commence avec l'anthèse. Tous les anthères ne sont pas déhiscents en même temps. La déhiscence des anthères se fait du bas vers le haut. Chaque lobe prend 5 à 10 minutes pour se séparer de l'anthère. Les fleurs prennent de 45 minutes à 3 heures pour vider tous les sacs de pollen de toutes les étamines. La déhiscence commence à 8 heures et continue jusqu'à 14h50. La déhiscence est la plus élevée (29,31 %) entre 11 h et midi.

Les grains de pollen et leur fertilité :

Les grains de pollen apparaissent comme une fine masse poudreuse, de forme sphérique avec deux couches d'exine et d'intine. La taille moyenne des grains de pollen est de 29 μ . On estime la fertilité du pollen à 94 % par coloration à l'acétocarmin. On considère les grains de pollen qui se colorent complètement et apparaissent normaux comme fertiles tandis que ceux qui sont ridés et peu colorés sont considérés comme stériles.

Réceptivité des stigmates :

On observe la réceptivité des stigmates avec des méthodes visuelles à l'aide d'une loupe manuelle après l'ouverture des tépales jusqu'à la fermeture des tépales. Les stigmates sont réceptifs jusqu'à 3 heures après l'anthèse, heure après laquelle leur couleur blanche brillante devient violet terne et plus tard noire, ce qui indique la perte de réceptivité.

Pollinisation :

L'air et les insectes sont les principales sources pour la pollinisation chez cette espèce.

Les études sur la période de floraison et l'habitude des fleurs indiquent que la période maximum de floraison est la troisième semaine de janvier jusqu'à la dernière semaine de février. Le bourgeon apical de la plupart des branches se termine en bourgeon floral. L'axe principal et les branches latérales portent les fleurs. La période maximum pour l'anthèse est entre 10 heures et midi et pour la déhiscence entre 11 heures à midi, avant et après ces heures, elles baissent progressivement, ce qui pourrait être dû à l'effet de la température, de l'humidité et de la photopériode (Yadav et coll., 1985 ; Ilyas, 1992). La fertilité du pollen est très élevée (94 à 100 %) et le stigmate est réceptif jusqu'à 3 heures après l'anthèse.

Le statut taxonomique et la biologie florale de *C. glaucescens* peuvent jouer un rôle important pour comprendre le mécanisme de reproduction dans la population des plantes et leur identité. La variabilité génétique dans la population des plantes est utile pour les programmes de lignage et elle permettra la sélection de plantes plus adaptées pour l'élevage du ver à soie muga.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	555
General sericulture	
Mûrier	558
Mulberry	
<i>Bombyx mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	562
<i>Bombyx mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	566
Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	567
Silkworms: genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	572
Silkworms: physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	578
Silkworms: eggs, embryology	
Vers à soie : glandes séricigènes.	579
Silkworms: silk glands	
Soie	581
Silk	

INDICATIFS DES LANGUES UTILISEES - LANGUAGE SYMBOLS USED

(Bg) Bulgare / <i>Bulgarian</i> .	(C) Chinois / <i>Chinese</i> .
(D) Allemand / <i>German</i> .	(E) Anglais / <i>English</i> .
(F) Français / <i>French</i> .	(J) Japonais / <i>Japanese</i> .
(I) Italien / <i>Italian</i> .	(Pl) Polonais / <i>Polish</i> .
(K) Coréen / <i>Korean</i> .	(R) Russe / <i>Russian</i> .
(Pt) Portuguais / <i>Portuguese</i> .	(S) Espagnol / <i>Spanish</i> .
(Ro) Roumain / <i>Rumanian</i> .	

Les lettres minuscules correspondantes sont utilisées pour indiquer la langue du résumé.
The corresponding small letters indicate the language of the abstract.

Sericiculture générale

General sericulture

Adoption of Shoot/Shelf rearing at P2 level of basic seed multiplication

BHAT D.V., CHINNADURAI V., DWARAKINATH, KALAPPA H.K. *et al.*
P2 BSF, Yelagiri Hills, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 11-12. (E)

Status of Mulberry wealth in Jammu & Kashmir

BINDROO B.B., DHAR A. and KHAN M.A.

Regional Sericultural Research Station, Veeranam Road, Allikuttai (P.O), Salem 636 003, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 5-7. (E)

Muga culture in non-traditional area of Assam

BISWAS N.

Research Extension Centre, CSB, Diphu, Assam, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 27-29. (E)

Sericulture in Thailand

DANDIN S.B.

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore 570008, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 10-13. (E)

Silkworm Genome Project Completion in China / Research Brief

IYENGAR M.N.S.

Central Silk Board, Ministry of Textiles, P.B. n 6825, CSB Complex, BTM Layout, Madivala, Bangalore - 560 068, India.

2004 Indian Silk, Vol. 43(8), 36. (E)

Sericulture and Navarathna Rama Rao

IYENGAR M.N.S.

Central Silk Board, Ministry of Textiles, Govt. of India, Manandavati road, Srirampura, Mysore 570 008, India.

2004 Indian Silk, Vol. 43(8), 19-20. (E)

La phase pastorienne de la sériciculture. La crise de la pébrine et ses conséquences

J.-M. LEGAY, G. CHAVANCY

Université Lyon 1, 69622 Villeurbanne cedex, France.

2004 Nature Sciences Sociétés, Vol. 12, 413-417. (E)

Seed organization and strategies for northern India

KHATRI R.K., BABU LAL, SIDDIQUI A.A. and SHARMA A.K.

Zonal Silkworm Seed Project Office, NSSO, Dehradun, Uttaranchal, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 7-9. (E)

National Conference on Information Technology for Silk Industry/Report

KOLOLGI A.S. and RAMESHA M.N.

Indian Silk, Central Silk Board, BTM Layout, Madivala, Bangalore 560 068, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 24-25. (E)

Silk Mark at Harshakala / Report

KUMAR V. and NAMBOODARI K.M.

SMOI, Bangalore, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 26. (E)

Digital Libraries and Silk Industry

MAGADUM S.B., KAMBLE C.K., SINGH O.P.N. and DODDANARASIAH

Silkworm Seed Technology Laboratory, Kodathi, Bangalore, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 13-16. (E)

Silk Industry of Manipur

MISHRA S.N.

DCTSC, CSTRI, CSB, Sualkuchi, Assam, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 27-28. (E)

Improved method of pebrine detection in *Bombyx mori* L. silkworm germplasm stocks

MÖHAN B., MUTHULAKSHMI M., BALACHANDRAN N., SINHA R.K. and THANGAVELU K.

Silkworm and Mulberry Gerplasm Station, CSB, P-B n 44, Thally Road, Hosur 635 109, (Tamil Nadu), India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 17-19. (E)

Insect factory. Mass production of useful proteins using silkworms

OURA M.

2004 Kagaku to Seibutsu, Vol. 42(2), 72-74.

Organic farming for sustainable sericulture

QADRI S.M.H., HUMAYUN SHARIEF Y., DHAHIRA BEEVI N. and MANI A.

Regional Sericultural Research Station, Veeranam Road, Allikutai (P.O), Salem 63 600 (Tamil Nadu), India.

2004 Indian Silk, vol. 43(8), 11-13. (E)

Silk Rules Supreme

RAJESH KUMAR SINHA

Central Silk Board, Ministry of Textiles, P.B. n 6825, CSB Complex, BTM Layout, Madivala, Bangalore - 560 068, India.

2004 Indian Silk, Vol. 43(8), 23-26. (E)

Microsatellite DNA Markers and its Application Prospects in Sericulture Research

SHEN L. and HUANG Y.

Shanghai Institutes for Biological Sciences, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 399-404. (C,e)

Seamless woven garment - a breakthrough in fashion textiles

SOMASHEKAR T.H.

Central Silk Technological Research Institute, Madivala, CSB Complex, Bangalore 560 068, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 23. (E)

Non-spinning in silkworms - causative factors

VENKATACHALAPATHY M., VEMANANDA REDDY G, MANJULA A. and KAMBLE C.K.

Silkworm Seed Technology Laboratory, Kodathi, Bangalore, India.

2004 Indian Silk, Vol. 43(8), 9-10. (E)

Mûrier

Mulberry

Isolation and characterization of six novel microsatellite markers for mulberry (*Morus indica*)
AGGARWAL R.K., UDAYKUMAR D., HENDRE P.S., SARKAR A. and SINGH L.I.
2004 Molecular Ecology Notes, Vol. 4(3), 477-479.

Purification of mulberry (*Morus alba L.*) polyphenol oxidase by affinity chromatography and investigation of its kinetic and electrophoretic properties
ARSLAN O., ERZENGIN M., SINAN S. and OZENSOY O.
2004 Food Chemistry, Vol. 88(3), 479-484.

Kinetics of removal of dye (Basic blue 3) from aqueous solution by activated chacoal prepared from the wood of *Broussonetia papyrifera* (Paper Mulberry)
BANGASH F.K. and MANAF A.
2004 J. Chemical Society of Pakistan, Vol. 26(2), 111-115.

Maternal and paternal contributions to the fitness of hybrids between red and white mulberry (*Morus Moraceae*)
BURGESS K.S. and HUSBAND B.C.
2004 American J. Botany, Vol. 91(11), 1802-1808.

Morphological and molecular variation of *Morus laevigata* in India
CHATTERJEE S.N., NAGARAJA G.M., SRIVASTAVA P.P. and NAIK G.
2004 Genetica, Vol. 121(2), 133-143. (E)

Guangsangons F-J, anti-oxidant and anti-inflammatory Diels-Alder type adducts, from *Morus macroura* Miq.
DAI S.J., MA Z.B., WU Y., CHEN R.Y. and YU D.Q.
2004 Phytochemistry, Vol. 65(23), 3135-3141.

Bioactive Diels-Alder type adducts from the stem bark of *Morus macroura*
DAI S.J., MI Z.M., MA Z.B., LI S., CHEN R.Y. and YU D.Q.
2004 Planta Medica, Vol. 70(8), 758-763.

Pretreatment effect on sun drying of mulberry fruits (*Morus alba L.*)
DOYMAZ I.
2004 J. Food Engineering, Vol. 65(2), 205-209.

Modeling the interactive effect of the photoperiod and temperature on shoot elongation of mulberry

FUKUI K.

2004 Plant Production Science, Vol. 7(2), 224-229.

Mulberry-fruit-based feed blocks : A key supplement for livestock in mountainous regions

HABIB G.

2004 Mountain Research and Development, Vol. 24(2), 106-109.

Research Progress on Nutrient and Functional Components and Pharmacology of Mulberry

HE X., LIAO S. and LIU J.

Animal Science College, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 390-394. (C,e)

Effect of late snowfall on mulberry

ILLAHI I., DHAR A. and KHAN M.A.

Central Sericultural Research and Training Institute, Pampore, Kashmir, Jammu & Kashmir, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 5-6. (E)

Developmental Characterization of Leaf Dorsoventral Mutant 'Ryoumenguwa' in Mulberry (*Morus alba L.*)

JIAO F., SOPIAN T., KAYAMORI M., ZHOU J. and HIRATA Y.

United Graduate School of Agricultural Science, Tokyo Univ. of Agriculture and Technol., Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan.

2004 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 73(3), 141-149. (E)

A Novel Cytotoxic Prenylated Flavonoid from the Root of *Morus alba*

KOFUJITA H., YAGUCHI M., DOI N. and SUZUKI K.

Faculty of Agriculture, Iwate University, Ueda 3-18-8, Morioka 020-8550, Japan.

2004 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 73(3), 113-116. (E)

Evaluation of black mulberry (*Morus nigra L.*) genotypes from Lakes region, Turkey

KOYUNCU F., KOYUNCU M.A., YILDIRIM F. and VURAL E.

2004 European J. Horticultural Science, Vol. 69(3), 125-131.

Effect of Fertilization on Mulberry (*Morus atropurpurea Roxb.*). Leaf Quality

LU J., XIONG J., CHEN F., XU Y., WAN Y., LIU D., ZHANG Z. and YU C.

Resources and Environment Department, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 417-420. (C,e)

Post-Infectional Biochemical Changes in Mulberry Due to *Xanthomonas campestris pv. mori* Induced Bacterial Leaf Spot

MAJI M.D., SENGUPTA T., DAS C. and RAJE URS S.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742101, India.

2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 255-259. (E)

Research Report of SC12 Model Working Machine in Mulberry Fields

MENG F., TAN H. and HUANG R.

Silkworm Science Research Institute of Hunan Province, Lixian 415500, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 447-450. (C,e)

Antioxidant activity of three extracts of *Morus nigra*

NADERI G.A., ASGARY S., SARRAF-ZADEGAN N., OROOJY H. and AFSHIN-NIA F.

2004 Phytotherapy Research, Vol. 18(5), 365-369.

Phosphate solubilizing microbial inoculants in mulberry cultivation - a review

NAGENDRA KUMAR T.D., SUKUMAR J. and PADMA S.D.

Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Bangalore - 560062, Karnataka, India.

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 1-10. (E)

Bacillus Lentimorbus-a potential biocontrol agent of collar rot pathogen (*Sclerotium rolfsii*) of mulberry

PRATHEESH KUMAR P.M. and SETUA G.C.

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

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 108-111. (E)

Differential antioxidative responses to water stress among five mulberry (*Morus alba L.*) cultivars

REDDY A.R., CHAITANYA K.V., JUTUR P.P. and SUMITHRA K.

2004 Environmental and Experimental Botany, Vol. 52(1), 33-42.

The potential of mulberry (*Morus alba*) as a fodder crop : The effect of plant maturity on yield, persistence and nutrient composition of plant fractions

SADDUL D., JELAN Z.A., LIANG J.B. and HALIM R.A.

2004 Asian Australasian J. of Animal Sciences, Vol. 17(12), 1657-1662.

Rheological, physical and chemical characteristics of mulberry pekmez

SENGUL M., ERTUGAY M.F. and SENGUL M.

2005 Food Control, Vol. 16(1), 73-76.

Effect of direct application of arbuscular mycorrhizal fungi in mulberry (*Morus alba L.*) under irrigated condition

SETUA G.C., BANERJEE N.D., DAS N.K., GHOSH J.K. and SARATCHANDARA B.

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

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 60-64. (E)

Thermal kinetics on antiradical capacity of mulberry fruit extract

SUH H.J., KIM J.M., LEE H., LEE S.W. and CHOI Y.M.

2004 European Food Research and Technology, Vol. 219(1), 80-83.

Preliminary Report of Selecting Effective Agents for Controlling Mulberry Root Nematodiasis

SUN T., FANG D., SUN Y. and LI Y.

Shandong Guangtong Silkworm Eggs Group Company Ltd, Qingzhou 262500, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 421-423. (C,e)

A stilbene dimer, andalasin B, from the root trunk of *Morus macroura*

SYAH Y.M., ACHMAD S.A., GHISALBERTI E.L., HAKIM E.H., MAKMUR L. and SOEKAMTO N.H

2004 J. Chemical Research S., Vol. 5, 339-340.

The Biological Characteristics of Mulberry Mutant (*Cty-Ym*) Cultured in vitro

TAN J., LIU M., ZHANG G., WU Z. and LI X.

School of Agricultural Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 405-408. (C,e)

Grouping of mulberry gerplasm (*Morus sp.*) for utilization

TIKADER A. and ANANDA RAO A.

Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur - 635 109, Tamilnadu, India.

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 99-103. (E)

Accumulation of pathogenesis-related (PR) 10/Bet v 1 protein homologues in mulberry (*Morus bombycis* Koidz.) tree during winter

UKAJI N., KUWABARA C., TAKEZAWA D., ARAKAWA K. and FUJIKAWA S.
2004 *Plant Cell and Environment*, Vol. 27(9), 1112-1121.

Evaluation of ISSR and RAPD Markers for the Detection of Genetic Diversity in Mulberry (*Morus spp.*)

VENKATESWARLU M., SURENDRA NATH B., SARATCHANDRA B. and RAJE URS S.
Seribiotech Research Laboratory, CSB Campus, Kodathi, Carmelram Post, Bangalore 560 035, India.
2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 207-215. (E)

Biochemical changes during powdery mildew disease development in mulberry (*Morus alba* L.)

VIDYASAGAR G.M., KOTRESH D. and SHIVKUMAR D.
Dept of P.G. Studies and Research in Botany, Gulbarga - 585 106, Karnataka, India.
2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 104-107. (E)

Genetic analysis of indian mulberry varieties through molecular markers

VIJAYAN K., AWASTHI A.K., SRIVASTAVA P.P. and SARATCHANDRA B.
2004 *Hereditas*, Vol. 141, 8-14.

Analysis of phylogenetic relationship among five mulberry (*Morus*) species using molecular markers

VIJAYAN K., SRIVASTAVA P.P. and AWASTHI A.K.
2004 *Genome*, Vol. 47(3), 439-448.

A novel lectin (*Morniga M*) from mulberry (*Morus nigra*) bark recognizes oligomannosyl residues in N-glycans

WU A.M., WU J.H., SINGH T., CHU K.C., PEUMANS W.J., ROUGE P. and Van DAMME E.J.M
2004 *J. Biomedical Science*, Vol. 11(6), 874-885.

Comparative Experiment for A New Cold and Drought Tolerance Mulberry Variety, *Morus mongolica* var *Xianghaisang* No.1

ZHANG J., BI Q., CHEN G., SUN Y., WANG G. and ZHANG Z.
Forestry Academy of Baicheng City of Jilin Province, Baicheng 137000, China.
2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 409-412. (C,e)

Pattern of Establishing Ecological Mulberry Garden and Impact Test of its Water and Soil Holding in Precipitous Sloping Plough in Southern Shaanxi

ZHANG Z., SONG G., ZHONG Y., LI Y. and XIAO N.
Extension Office of Norwesth Sci-Tech University of Agriculture and Forestry,
Yangling 712100, China.
2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 413-416. (C,e)

Bombyx mori : élevage, nutrition, pathologie

Bombyx mori : rearing, feeding, pathology

Resistance of three different populations of mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.) to *Bacillus thuringiensis*

BEGUM H.A., HASSAN E. and DINGLE J.

2004 *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz-J. Plant Diseases and Protection*, Vol. 111(3), 231-237.

The effect of heterosis and inheritance of quantitative traits in silkworm exposed to electromagnetic irradiation

BOYKO Y.A., SUKHANOV S.V. and SHAKHBAZOV V.G.

2004 *Russian J. Genetics*, Vol. 40(9), 990-994.

Study on the Method to Keep the Specific Property of Silkworm Varieties

DU Z., HU Z., LIU J. and ZHANG J.

Sericultural Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Nanchong 637000, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 424-427. (C,e)

Estimation of Genetic Components of Variance in Biparental Progenies of Bivoltine Silkworm (*Bombyx mori* L.)

GULAM NABI MALIK, ABDUL MAJEED SOFI, SYED ZIA HAQUE RUFIAIE *et al.*

Div of Sericulture, Sher-e-Kashmir Univ. of Agric Sci and Techno of Kashmir, P.-B.674, G.P. O.Srinagar, 190001, India.

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 279-281. (E)

Influence of salt drying and hot air drying of multibivoltine cocoons on reeling performance and quality characteristics of raw silk

HARIRAJ G., ROY S. and SOMASHEKAR T.H.

Central Silk Technology Research Institute, CSB, Bangalore - 560 068, Karnataka, India.

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 34-40. (E)

Defence Mecanism and Immunity related studies in Silkworm

IYENGAR M.N.S.

Central Silk Board, Ministry of Textiles, Govt. of india, CSB Complex, BTM Layout, Madiwala, Bangalore - 560 068, India.

2005 *Indian Silk*, Vol. 43(9), 28. (E)

Vertical transmission of nucleopolyhedrovirus in the silkworm, *Bombyx mori* L.

KHURAD A.M., MAHULIKAR A., RATHOD M.K., RAI M.M., KANGINAKUDRU S. and NAGARAJU J

2004 *J. Invertebr. Pathol.*, Vol. 87(1), 8-15.

Studies of feeding different stages of mulberry leaves on growth and development of *Bombyx mori* L.

KRISHNAPRASAD N.K., SANNAPPA B. and DHARMA NAIK B.C.

Dept of Sericulture, College of Agriculture UAS, GKVK, Bangalore-560065, Karnataka, India.

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 24-30. (E)

Comparative performance of newly evolved bivoltine breeds of *Bombyx mori* L.

KRISHNAPRASAD N.K., SANNAPPA B. and VARALAKSHMI R.

Department of Sericulture, University of Agricultural Science, Bangalore - 560065, Karnataka, India.

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 65-69. (E)

Preliminary Studies on the Application of PCR Diagnosis on the Silkworms Eggs and Moths With Simulated Pebrine Disease Infection

LIU J., CAO Y., JE S. and XU X.

Lab of Sericulture Molecular Biology and Biotechnology, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 367-370. (E)

Construction of *Nosema bombycis* (N.b) cDNA Library and Analysis of ESTs Sequence From Partial Clones

LIU J., PAN G., CHENG D., XIA Q., ZHOU Z. and XIANG Z.

School of Sericulture and Biotech., Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 363-366. (E)

Effect of high temperature on early instar of the silkworm *Bombyx mori* L.

MATHUR V.B., SINGH G.P., GHOSH P.K. and DATTA R.K.

Central Sericulture Research and Training Institute, Mysore-570008, Karnataka, India.

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 48-54. (E)

Taxonomic Characteristics of Six Species of Entomopathogenic Fungi Isolated from the Silkworm, *Bombyx mori*

MAU TUAN NGUYEN, SUNG HEE NAM, HYUN RO PARK and MYUNG SAE HAN

College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea.

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 229-234. (E)

Estimation of general and specific combining ability and heterosis in new varieties of silkworm, *Bombyx mori* L.

MIRHOSIENI S.Z., SEIDAVI A.R., GHANIPOOR M. and ETEBARI K.

2004 *J. Biological Sciences*, Vol. 4(6), 725-730.

Molecular genetic approach for identifying markers associated with yield traits in the silkworm, *Bombyx mori* using RFLP-STs primers

MOHANDAS T.P., SETHURAMAN B.N., SARATCHANDRA B. and CHATTERJEE S.N.

SeriBiotech Lab, Central Silk Board, CSB Campus, Kodathi, Bangalore 560035, Karnataka, India.

2004 *Genetica.*, Vol. 122(2), 185-197. (E)

Cost-Economics of Silkworm disease management

NATARAJU B., BALAVENKATASUBBAIAH, SHARMA S.D., SUDHAKARA RAO P. *et al*

Central Seric. Res. and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore 570008, India.

2005 *Indian Silk*, Vol. 43(9), 8-10. (E)

Influence of Sodium Nitrate (NaNO₃) of Different Feeds on Growth and Bioenergetics of Bivoltine NB4D2 Race of the Silkworm, *Bombyx mori* L.

PALLAVI V.P. and KALIWAL B.B.

Post Graduate Department of Studies in Biotechnology and Microbiology, Karnataka University, Dharwad 580 003, India.

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 249-254. (E)

Pebrine Inspection and Sampling Scheme for Household Eggs Production in Parent Silkworm Rearing Area

QI L., PAN S., LI Z. and LI F.

Wuxi Agricultural Office, Wuxi 214023, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 371-375. (C,e)

Studies on Cocoon Filament Size Deviation in Multivoltine Breeds and Multivoltine x Bivoltine Hybrids of Silkworm, *Bombyx mori* L.

RAGHAVENDRA RAO D., RAVINDRA SINGH, KARIAPPA B.K. and DANDIN S.B.

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

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 273-277. (E)

Effect of early and delayed mounting at different maturation level on commercial characters of bivoltine hybrid silkworm (*Bombyx mori* L.)

RAHMATHULLA V.K., HAQUE S.Z., GEETHA DEVI R.G. and VINDYA G.S.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-57008, Karnataka, India.

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 41-47. (E)

Some Observations on Phenotypic Variations in Mulberry Silkworm, *Bombyx mori* L.

RAJASHEKHARGOUDA R. PATIL, GANGA ANKAD and SUNITA KUSUGAL

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka - 580 005, India.

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 261-264. (E)

Phylogenetic relationships of three new microsporidian isolates from the silkworm, *Bombyx mori*

RAO S.N., MUTHULAKSHMI M., KANGINAKUDRU S. and NAGARAJU J.

2004 *J. Invertebrate Pathology*, Vol. 86(3), 87-95.

Evaluation of F1 Hybrids Between RD1 and Bivoltine Breeds of the Silkworm (*Bombyx mori* L.) for Exploitation in Dry Zones

RAVINDRA SINGH, RAGHAVENDRA RAO D., PRANAKRISHNA BARO, NARA CHOUDHARY *et al.*

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

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 199-205. (E)

Effect of water logging on leaf quality of mulberry and economic parameters of silkworm rearing

SETUA M., DAS C. and SARATCHANDRA B.

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

2003 *Bulletin of Indian Academy of Sericulture*, Vol. 7(1), 55-59. (E)

Preliminary Study on a Microsporidian Isolate Occurring in the Lamerin Breed of the Silkworm *Bombyx mori* L. in India.

SHABIR AHMAD BHAT and NATARAJU B.

Silkworm Pathology Laboratory, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570 008, Karnataka, India.

2004 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 9(2), 265-267. (E)

Seasonal Effects on the Performance of Newly Evolved Bivoltine Hybrids of the Silkworm (*Bombyx mori* L.) Under Tropics

SUDHAKARA RAO P., DATTA R.K., PALIT A.K. and HAQUE RUFAIE S.Z.
Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore - 570008, India.
2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 193-198. (E)

Toxic effects of cadmium on *Morus alba* L. and *Bombyx mori* L.

WANG K.R., GONG H., WANG Y. and van der ZEE (S.E.A.T.M.)
2004 Plant and Soil, Vol. 261(1/2), 171-180.

Effect of different processing methods in preparation of artificial diet on the feeding habits of silkworm, *Bombyx mori* L.

XU Y., SHEN W., MIAO Y. and DONG G.
College of Life Science, Suzhou University, Suzhou, 215151, China.
2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 31-33. (E)

Breeding of the Coarse Filament Size Silkworm, *Bombyx mori*, Varieties C-Hua and JD

ZHAO Qiaoling, YE X., XIA D., QIU Z., LIU Z. and ZHANG B.
Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.
2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 353-358. (C,e)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

Utilization of male moths of muga silkworm, *Antheraea asama* Ww. (*Lepidoptera* : *Saturnidae*) for multiple coupling

BARAH A. and SAHU A.K.

Central Muga and Eri Rsch. & Trg. Institute, Central Silk Board, Lahdoigarh - 785 700, Assam, India.
2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 94-98. (E)

Studies on effect of different food plants and season on the larval development and cocoon characters of silkworm *Samia cynthia ricini* Boisduval

HAZARIKA U., BARAH A., PHUKON J.D. and BENCHAMIN K.V.

Central Muga and Eri Research and Training Institute, Lahdoigarh - 785 700, Jorhat, Assam, India.
2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 77-85. (E)

Preferential Hosts of Gall Makers on Oak Tasar

INDRA JEET SINGH

REC, Palampur, Himachal Pradesh, India.

2004 Indian Silk, vol. 43(8), 14-16. (E)

Studies on the Correlativity Between Amount of Food Ingested, Digestibility and Dietary Efficiency of Tussah Silkworm, *Antheraca pernyi*

LIU P. and YANG B.

Sericultural Research Institute of Liaoning Province, Fengcheng 118100, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 432-435. (C,e)

Tasar silkworm brushing bag

PRASAD B.C., NEGI B.B.S., SINGH G.S., SAXENA S.K. and SINHA B.R.R.P.

RTRS, Dumka, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(9), 20-22. (E)

Preliminary evaluation and utilization of raily ecorace of *Antheraea paphia* L.

SHANKAR RAO K.V., RAMKUMAR, MAHOBIA G.P., PANDE V.K. and THANGAVELU K.

Reg. Tasar Res. Station, CSB Complex Dharampura, Jagdalpur - 494005, Chhattisgarh, India.

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 70-76. (E)

Parasitoids of southern African wild silk moths (*Lepidoptera*)

VELDTMAN R., McGEOCH M.A. and SCHOLTZ C.H.

2004 African Entomology, Vol. 12(1), 117-122.

Frequency and trophic variation of sex on the natural population of Bhandara ecorace of the silkworm *Antheraea mylitta* D.

YADAV G.S., MATHUR S.K., SINHA B.R.R.P. and THANGAVELU K.

Regional Tasar Research Station, Bhandara 441 904, Maharashtra, India.

2003 Bulletin of Indian Academy of Sericulture, Vol. 7(1), 86-93. (E)

Vers à soie : génétique

Silkworms : genetics

A novel lebecin-like gene from eri-silkworm, *Samia cynthia ricini*, that does not encode the antibacterial peptide lebecin

BAO Y., YAMANO Y. and MORISHIMA I.

Dept. of Biochemistry and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Tottori University, Koyama, Tottori 680-8553, Japan.

2005 Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol, Vol. 140(1), 127-131. (E)

Molecular markers (RAPD) associated with growth, yield and origin of the silkworm, *Bombyx mori* L. in India

CHATTERJEE S.N. and PRADEEP A.R.

2003 Genetika, Vol. 39(12), 1612-1624.

A constitutive super-enhancer : homologous region 3 of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus

CHEN Y., YAO B., ZHU Z.Z., YI Y.Z., LIN X., ZHANG Z.F. and SHEN G.F.

2004 Biochem. Biophys. Res. Commun., Vol. 318(4), 1039-1044.

Three *Bombyx mori* genes, chi, gluE and fruA, encode proteins homologous to microorganism and primary analysis of horizontal gene transfer

CHENG T.C., XIA Q.Y., LIU C., ZHAO P., ZHA X.F., XU H.F. and XIANG Z.H.

Lab Sericulture of the Agricult Ministry of China, Southwest Agricult University, Chongqing 400716, China.

2004 Yi Chuan Xue Bao, Vol. 31(10), 1082-1088. (E)

Mining single nucleotide polymorphisms from EST data of silkworm, *Bombyx mori*, inbred strain Dazao

CHENG T.C., XIA Q.Y., QIAN J.F., LIU C., LIN Y., ZHA X.F. and XIANG Z.H.

2004 Insect Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 34(6), 523-530.

Molecular cloning and expression pattern of an armadillo homologue from the mulberry silkworm *Bombyx mori*

DHAWAN S. and GOPINATHAN K.P.

2004 Gene Expression Patterns, Vol. 4(1), 15-23.

Genetic Analysis of the New Mutation "Dark-black Ursa" in the Silkworm, *Bombyx mori*

HIROKAWA M., TATEMATSU K.-I., KOSEGAWA E. and MEGURO Y.

National Institute of Agrobiological Sciences (NIAS), Kobuchisawa-chyou 6585, Kitakoma-gun, Yamanashi 408-0044, Japan.

2004 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 73(3), 135-139. (E)

The New Methods for Gene Expression : SAGE and GLGI and Their Application Prospects in Silkworm Functional Genomic Research

HUANG J., MIAO X. and HUANG Y.

Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, CAS, Shanghai 200032, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 395-398. (C,e)

cDNA cloning and mRNA expression of LIM protein gene homologue from the silkworm, *Bombyx mori*

HWANG J.S., GO H.J., GOO T.W., YUN E.Y., CHOI K.H., SEONG S.I. *et al.*

Depart of Sericulture and Entomology, National Instit of Agric. Science and Technology, RDA, Suwon 441-100, South Korea.

2004 Biotechnol. Lett., Vol. 26(19), 1469-1473. (E)

cDNA cloning, gene structure, and expression of Broad-Complex (BR-C) genes in the silkworm, *Bombyx mori*

IJIRO T., URAKAWA H., YASUKOCHI Y., TAKEDA M. and FUJIWARA Y.

Div of Mol. Science, Graduate School of Science and Technol, Kobe University, Rokkodai 1-1, Nada, Kobe 657-8501, Japan.

2004 Insect Biochem. Mol. Biol., Vol. 34(9), 963-969. (E)

***Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus orf8 encodes a nucleic acid binding protein that colocalizes with IE1 during infection**

IMAI N., KURIHARA M., MATSUMOTO S. and KANG W.K.

Laboratory of Molecular Entomology and Baculovirology, RIKEN, Hirosawa, Japan.

2004 Arch. Virol., Vol. 149(8), 1581,1594. (E)

Characterization of Expressed Sequence Tags (ESTs), Generated from the *Bombyx mandarina* Whole Larvae and Molecular Cloning of Serine Protease Homologue Gene

JAE SAM HWANG, EUN YOUNG YUN, TAE WON GOO, IKSOO KIM, KWANG HO CHOI *et al.*

Dept of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-100, Korea.

2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 167-171. (E)

Characterization of the baculovirus *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus gene homologous to the mammalian FGF gene family

KATSUMA S., SHIMADA T. and KOBAYASHI M.

2004 Virus Genes, Vol. 29(2), 211-217.

Molecular diversity and phylogenetic analysis of mariner-like transposons in the genome of the silkworm *Bombyx mori*

KUMARESAN G. and MATHAVAN S.

2004 Insect Molecular Biology, Vol. 13(3), 259-271.

Analysis of artificial and spontaneous parthenogenetic development in mosaic mutations and the parthenogenetic strain of *Bombyx mori*

KUSAKABE T., KIDO K., KITA K., BANNO Y., MON H., KAWAGUCHI Y. and KOGA K.

2004 Invertebrate Reproduction and Development, Vol. 45(2), 101-108.

Characterization of the v-cath Gene of *Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus K1

KWANG SIK LEE, JIANHONG LI, YEON HO JE, SOO DONG WOO *et al.*

College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea.

2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 217-223. (E)

QTL mapping of economically important traits in silkworm (*Bombyx mori*)

LU C., LI B., ZHAO A. and XIANG Z.

Ministry of Agric of China, College of Seric & Biotech, Southwest Agric University, Chongqing 400716, China.

2004 Sciences in China, Series C: Life Sci., Vol. 47(5), 477-484. (E)

Isolation and Characterization of Differently Expressed cDNAs in a Meiotic Recombination Strain of *Bombyx mori*

MIYAGAWA Y., KUSAKABE T., LEE J.M., MAEDA T., KAWAGUCHI Y. and KOGA K.

Laboratory of Silkworm Science, Kyushu University, 6-10-1 Hakozaki, Fukuoka 812-8581, Japan.

2004 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 73(3), 117-127. (E)

In vivo DNA double-strand breaks enhance gene targeting in cultured silkworm cells

MON H., KUSAKABE T., LEE J.M., KAWAGUCHI Y. and KOGA K.

2004 Comparative Biochemistry and Physiology-B : Biochem. and Mol. Biol., Vol. 139(1), 99-106.

Efficient large-scale protein production of larvae and pupae of silkworm by *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus bacmid system

MOTOHASHI T., SHIMOJIMA T., FUKAGAWA T., MAENAKA K. and PARK E.Y.

Dept of Applied Biological Chemistry, Faculty of Agriculture, Shizuoka University, 836 Ohya, Shizuoka 422-8529, Japan.

2005 Biochem Biophys Res Commun., Vol. 326(3), 564-569. (E)

Focal distribution of baculovirus IE1 triggered by its binding to the hr DNA elements

NAGAMINE T., KAWASAKI Y., IIZUKA T. and MATSUMOTO S.

Lab of Molecular Entomology, RIKEN Discovery Research Institute, Wako-shi, Saitama, Japan.

2005 J Virol., Vol. 79(1), 39-46. (E)

Structure and expression of the gene encoding a Broad-Complex homolog in the silkworm, *Bombyx mori*

NISHITA Y. and TAKIYA S.

2004 Gene, Vol. 339, 169-172.

SilkSatDb : a microsatellite database of the silkworm, *Bombyx mori*

PRASAD M.D., MUTHULAKSHMI M., ARUNKUMAR K.P., MADHU M., SREENU V.B. *et al.*
Labs of Molecular Genetics, Centre for DNA Fingerprinting and Diagnostics, ECIL Road, Nacharam, Hyderabad 500076, India.

2005 Nucleic Acids Res. 33 Database Issue : D403-406. (E)

A Draft Sequence for the Genome of the Domesticated Silkworm (*Bombyx mori*)

QINGYOU XIA *et al.*

Southwest Agricultural University, Chongqing Beibei, 400716, China.

2004 Science, Vol. 306(5703), 1937-1940. (E)

Researches on Gene *polh* and the External Difference Between *Bombyx mandarina* Nuclear Polyhedrosis Virus and *Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus

SHEN W., LI B., WANG W. and CHEN K.

College of Agricultural Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 359-362. (C,e)

The Homologous Region 3 from *Bombyx mori* Nucleopolyhedrovirus Enhancing the Transcriptional Activity of *Drosophila hsp70* Promoter

SHUN-MING TANG, YONG-ZHU YI, YA-JING ZHOU, ZHI-FANG ZHANG *et al.*

Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.

2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 235-239. (E)

RAPD Analysis on A Portion of *Antheraea pernyi*

SONG X., NIE L., ZHANG T., QIN Q. and QIN L.

School of Biol. Science and Technol., Shenyang Agriculture Univ., Shenyang 110161, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 428-431. (C,e)*

Cloning and Identification for the RNA Polymerase Gene of *Bombyx mori* Cytoplasmic Polyhedrosis Virus

SUN J. *et al.*

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 451. (C)*

***Bombyx* Y-box protein BYB facilitates specific DNA interaction of various DNA binding proteins independently of the cold shock domain**

TAKIYA S., NISHITA Y., ISHIKAWA S., OHNO K., TAMURA T. and SUZUKI Y.

2004 *J. Biochem., Vol. 135(6), 683-693.*

A fibroin secretion-deficient silkworm mutant, Nd-sD, provides an efficient system for producing recombinant proteins

TAMURA T., INOUE S., KANDA T., IMAMURA M., QUAN G.-X., KOJIMA K. *et al.*

Insect Biotech. and Sericology Dept, National Instit. of Agro Sciences, 1-2 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan.

2004 *Insect Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 35(2005), 51-59. (E)*

SilkDB : a knowledgebase for silkworm biology and genomics

WANG J., XIA Q., HE X., DAI M., RUAN J., CHEN J., YU G., YUAN H. *et al.*

College of Life Sciences, Peking University, Beijing 100871, China.

2005 *Nucleic Acids Res. 33 Database Issue : D 399-402. (E)*

Deletion of Superoxide Dismutase Gene of *Bombyx mori* Nuclear Polyhedrosis Virus Affects Viral DNA Replication

WENBING WANG, ZHIXIU SONG, PING JI, JUN WU, ZHIFANG ZHANG *et al.*

Institute of Life Sciences, Jingsu University, Zhenjiang, P.R. China.

2004 *Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 225-228. (E)*

Construction of a host range-expanded hybrid baculovirus of BmNPV and AcNPV, and knockout of cysteinase gene for more efficient expression

WU X., CAO C., XU Y. and LU X.

College of Animal Sciences, Zhejiang University, Huajiachi Campus, Hangzhou 310029, China.

2004 *Sci China C Life Sci., Vol. 47(5), 406-415. (E)*

Cloning and Genomic Organization of a Novel Zinc Finger Protein Gene From Silkworm, *Bombyx mori*

XU Y., WANG X., WANG H. and LOU C.

College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 343-347. (C,e)*

Inhibition of BmNPV replication in *Bombyx mori* cell by dsRNA triggered RNA interference

XU Y., ZHU C.G., JIN Y.F. and ZHANG Y.Z.

2004 *Chinese Science Bulletin, Vol. 49(12), 1261-1266.*

New and highly efficient method for silkworm transgenesis using *Autographa californica* nucleopolyhedrovirus and piggyBac transposable elements

YAMAMOTO M., YAMAO M., NISHIYAMA H., SUGIHARA S., NAGAOKA S. *et al.*

Dept of Applied Biol. Fac. of Text. Sc. Kyoto Inst. of Techn. Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585. Japan

2004 *Biotechnology and Bioengineering, Vol. 88(7), 849-853. (E)*

Construction of AFLP molecular markers linkage map and localization of green cocoon gene in silkworm (*Bombyx mori*)

ZHAO A.C., LU C., LI B., PU X.Y., ZHOU Z.Y. and XIANG Z.H.

2004 *Yi Chuan Xue Bao [Acta genetica Sinica]*, Vol. 31(8), 787-794.

Cloning and Sequence Analysis of the A+T Rich Region Segment of mtDNA From Chinese *Bombyx mandarina* M.

ZHENG X., CAO G., XUE R., CHEN M., HE Z. and GONG C.

College of Agriculture Science and Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 348-352. (C,e)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms : physiology, biochemistry

Hormonal cross talk in insect development

DUBROVSKY E.B.

Department of Biology, Dartmouth College, Hanover, NH 03755, USA.

2005 *Trends Endocrinol Metab.*, Vol. 16(1), 6-11. (E)

Effects of hypervitaminosis of vitamin B3 on silkworm biology

ETEBARI K. and MATINDOOST L.

Department of Sericulture, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Somehe Sara, Iran.

2004 *J. Biosciences*, Vol. 29(4), 417-422. (E)

Serotonin modifies the sensibility of the male silkworm to pheromone

GATELLIER L., NAGAO T. and KANZAKI R.

2004 *J. Experimental Biology*, Vol. 207(14), 2487-2496.

Immunoregulation Function of Cordyceps militaris Growing in Pupa of Silkworm, *Bombyx mori*

GONG C., PAN Z., ZHENG X., XUE R. and CAO G.

School of Agriculture Science & Technology, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 386-389. (C,e)

ATFC is a novel transducer for the unfolded protein response in *B. mori* BM5 cells

GOO T.W., YUN E.Y., CHOI K.H., KIM S.H., NHO S.K., KANG S.W. and KWON O.Y.

Dept of Sericulture & Entomol, Natl Instit of Agric, Science and Technology, R.D.A.,

Suwon 441-100, Republic of Korea.

2004 *Bioch Biophys Res Com*, Vol. 325(2), 626-631. (E)

GalNAc pretreatment inhibits trapping of *Bacillus thuringiensis* Cry 1Ac on the peritrophic membrane of *Bombyx mori*

HAYAKAWA T., SHITOMI Y., MIYAMOTO K. and HORI H.

2004 *FEBS Lett.*, Vol. 576(3), 331-335.

Characterization of a novel plasma membrane protein, expressed in the midgut epithelia of *Bombyx mori*, that binds to Cry1A toxins

HOSSAIN D.M., SHITOMI Y., MORIYAMA K., HIGUCHI M., HAYAKAWA T., MITSUI T. *et al*

Graduate School of Science and Technol., Niigata University, Niigata 950-218, Japan.

2004 *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 70(8), 4604-4612. (E)

Cloning and characterization of the pheromone biosynthesis activating neuropeptide receptor from the silkworm, *Bombyx mori* - Significance of the carboxyl terminus in receptor internalization

HULL J.J., OHNISHI A., MOTO K., KAWASAKI Y., KURATA R. *et al.*
2004 J. Biol. Chem., Vol. 279(49), 51500-51507.

Silkworm (*Bombyx mori*) hemocytes do not produce reactive oxygen metabolites as a part of defense mechanisms

HYRSL P., CIZ M., KUBALA L. and LOJEK A.
2004 Folia Microbiologica, Vol. 49(3), 315-319.

Soluble fibroin enhances insulin sensitivity and glucose metabolism in 3T3-L1 adipocytes

HYUN C.K., KIM I.Y. and FROST S.C.
School of Bioscience and Food Technology, Handong Global University, Pohang, South Korea.
2004 J Nutr., Vol. 134(12), 3257-3263. (E)

Molecular characterization of the brain secretory peptides, prothoracicotropic hormone (PTTH) and bombyxin, of the silkworm *Bombyx mori*

ISHIZAKI H.
2004 Proceedings Japan Academy Series B : Physical and Biological Sciences, Vol. 80(5), 195-203.

New light on diapause hormone activity / Research Briefs

IYENGAR M.N.S.
Central Silk Board, BTM Layout, Madivala, Bangalore, 560 068, India.
2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 29. (E)

Reduced cysteine protease activity of the hemolymph of *Bombyx mori* larvae infected with fp25K-inactivated bombyx mori nucleopolyhedrovirus results in the reduced postmortem host degradation

KATSUMA S., TANAKA S., SHIMADA T. and KOBAYASHI M.
Dept of Agricultural and Environ Biology, Graduate School of Agric & Life Sciences, The University of Tokyo, Tokyo, Japan.
2004 Arch Virol, Vol. 149(9), 1773-1782. (E)

Change in the expressed gene patterns of the wing disc during the metamorphosis of *Bombyx mori*

KAWASAKI H., OTE M., OKANO K., SHIMADA T., GUO-XING Q. and MITA K.
Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, 350 Mine, Utsunomiya, Tochigi 321-8505, Japan.
2004 Gene., Vol. 343(1), 133-142. (E)

Increase of host cell longevity by the expression of 30K protein originating from silkworm hemolymph in an insect cell-baculovirus system

KIM E.J. and PARK T.H.
2004 Virology, Vol. 35(6/7 Special Iss.SI), 581-586.

Effects of brain derived neurotrophic factor on neurite growth of deutocerebral neurons in brain of the silkworm *Bombyx mori*

KIM J.H., PARK C.W., SONG H.Y., KIM M.Y., CHOI C.O. and LEE B.H.
2004 Korean J. Entomology, Vol. 34(2), 113-122.

Silkworm mutants whose deficiency of epidermal urate granules causes translucent larval skin phenotypes

KOMOTO N.
2004 Tanpakushitsu Kakusan Koso, Vol. 49(14), 2198-2205. (E)

The Silkworm BmXDH2 Gene Encodes an Active Xanthine Dehydrogenase
KOMOTO N.

Insect Genetics and Evolution Dept, National Instit. of Agrobiol. Sciences, Owashi 1-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan
2004 *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*, Vol. 73(3), 129-133. (E)

Molecular cloning and characterization of the translationally controlled tumor protein gene in *Bombyx mori*

LEE J.M., KUSAKABE T., KAWAGUCHI Y., MIYAGAWA Y., TAKAHASHI M. *et al.*
2004 *Comparative Biochemistry and Physiology-B : Biochem. and Mol. Biol.*, Vol. 139(1), 35-43.

***Bombyx mori* prothoracicostatic peptide inhibits ecdysteroidogenesis in vivo**

LIU X., TANAKA Y., SONG Q., XU B. and HUA Y.
Institute of Nuclear-Agricultural Science, Zhejiang University, Zhejiang, China.
2004 *Arch Insect Biochem Physiol*, Vol. 56(4), 155-161. (E)

Embryonic diapause and its regulation

LOPES F.L., DESMARAIS J.A. and MURPHY B.D.
Cent Recherche Reprod Animale, Fac Med Veterin, Univ Montreal, 3200 rue Sicotte, St-Hyacinthe, Quebec, Canada J2S7C6.
2004 *Reproduction.*, Vol. 128(6), 669-678. (E)

Daily expression patterns of Cycle and Clock genes in the head of silkworm, *Bombyx mori*

MARKOVA E.P., SHIMADA T. and TAKEDA M.
2003 *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, Vol. 18, 77-81.

Biochemical effects of fluoride on haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori* L.

MIAO Y.G., JIANG L.J. and BHARATHI D.
2004 *Fluoride*, Vol. 37(2), 117-124.

Inhibitory effects of mulberry leaf extract on postprandial hyperglycemia in normal rats

MIYAHARA C., MIYAZAWA M., SATOH S., SAKAI A. and MIZUSAKI S.
2004 *J. Nutritional Science and Vitaminology*, Vol. 50(3), 161-164.

1H, 13C and 15N backbone assignments of the pheromone binding protein from the silk moth *Antheraea polyphemus* (ApolPBP)

MOHANTY S., ZUBKOV S. and CAMPOS-OLIVAS R.
2003 *J. Biomolecular NMR*, Vol. 27(4), 393-394.

Involvement of a bifunctional fatty-acyl desaturase in the biosynthesis of the silkworm, *Bombyx mori*, sex pheromone

MOTO K., SUZUKI M.G., HULL J.J., KURATA R., TAKAHASHI S. *et al.*
2004 *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, Vol. 101(23), 8631-8636.

Expression and one-step purification of bovine interleukin-21 (IL-21) in silkworms using a hybrid baculovirus expression system

MUNETAY., NAGAYA H., MINAGAWA Y., ENOMOTO C., MATSUMOTO S. and MORI Y.
Department of Immunol, National Institute of Animal Health, 3-1-5 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-0856, Japan.
2004 *Biotechnol Lett.*, Vol. 26(18), 1453-1458. (E)

CYP306A1, a cytochrome P450 enzyme is essential for ecdysteroid biosynthesis in the prothoracic glands of *Bombyx* and *Drosophila*

NIWA R., MATSUDA T., YOSHIYAMA T., NAMIKI T., MITA K., FUJIMOTO Y. and KATAOKA H

Department of Integrated Biosciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8562, Japan.

2004 *J. Biol. Chem.*, Vol. 279(34), 35942-35949. (E)

Improvement of islet culture with sericin

OGAWA A., TERADA S., KANAYAMA T., MIKI M., MORIKAWA M., KIMURA T. *et al.*

2004 *J. Bioscience and Bioengineering*, Vol.98(3), 217-219.

Amino acid residues involved in interaction with tyramine in the *Bombyx mori* tyramine receptor

OHTA H., UTSUMI T. and OZOE Y.

2004 *Insect Molecular Biology*, Vol. 13(5), 531-538.

Microarray analysis of gene expression profiles in wing discs of *Bombyx mori* during pupal ecdysis

OTE M., MITA K., KAWASAKI H., SEKI M., NOHATA J., KOBAYASHI M. and SHIMADA T.
Department of Agricultural and Environmental Biology, University of Tokyo, Japan.

2004 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 34(8), 775-784. (E)

AcMNPV ChiA protein disrupts the peritrophic membrane and alters midgut physiology of *Bombyx mori* larvae

RAO R., FIANDRA L., GIORDANA B., DE EGUILEOR M., CONGIU T. BURLINI N. *et al.*

2004 *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 34(11), 1205-1213.

Hormonal control of a metamorphosis-specific transcriptional factor Broad-Complex in silkworm

REZA A.M., KANAMORI Y., SHINODA T., SHIMURA S., MITA K. *et al.*

Developmental Biology Dept, National Institute of Agrobiological Sciences, 1-2, Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan

2004 *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.*, Vol. 139(4), 753-761. (E)

Identification and functional characterization of a sex pheromone receptor in the silkworm *Bombyx mori*

SAKURAI T., NAKAGAWA T., MITSUNO H., MORI H., ENDO Y., TANOUE S. *et al.*

2004 *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 101(47), 16653-16658.

Pheromone processing center in the protocerebrum of *Bombyx mori* revealed by nitric oxide-induced anti-cGMP immunocytochemistry

SEKI Y., AONUMA H. and KANZAKI R.

Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.

2005 *J Comp Neurol.*, Vol. 481(4), 340-351. (E)

Effect of molecular weight and hydrophobicity of compounds on transport efficiency across silkworm midgut membrane

SEKIMIZU K.

2004 *Yakugaku Zasshi J. Pharmaceutical Society of Japan*, Vol. 124(suppl.4), 125-128. (E)

Developmental and hormonal regulation of actin and tubulin in the central nervous system of silkworm, *Bombyx mori* during postembryonic development

SHANAVAS A., ARIF A., MURTHY C.R.K. and DUTTA-GUPTA A.

2004 *Current Science*, Vol. 87(3), 383-388.

Ecdysteroids during early embryonic development in silkworm *Bombyx mori* : metabolism and functions

SONOBE H. and YAMADA R.
2004 *Zoological Science*, Vol. 21(5), 503-516.

Localization, expression, and secretion pathway of diapause hormone in embryo and larva of the silkworm, *Bombyx mori*

SUN J.S., CHEN F.S. and XU W.H.
2004 *Chinese Science Bulletin*, Vol. 49(13), 1386-1391.

Role of the male BmDSX protein in the sexual differentiation of *Bombyx mori*

SUZUKI M.G., FUNAGUMA S., KANDA T., TAMURA T. and SHIMADA T.
2005 *Evolution and Development*, Vol. 7(1), 58-68.

A carotenoid-binding protein (CBP) plays a crucial role in cocoon pigmentation of silkworm (*Bombyx mori*) larvae

TABUNOKI H., HIGURASHI S., NINAGI O., FUJII H., BANNO Y., NOZAKI M. *et al.*
2004 *FEBS Letters*, Vol. 567(2/3), 175-178.

Phosphorylation of Rab proteins from the brain of *Bombyx mori*

UNO T., NAKAO A. and KATSURAUMA C.
2004 *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, Vol. 57(2), 66-77.

Proteomic Studies of Lipopolysaccharide-induced Polypeptides in the Silkworm, *Bombyx mori*

WANG Y., ZHANG P., FUJII H., BANNO Y., YAMAMOTO K. and ASO Y.
Lab. of Insect Genetic Resources, Faculty of Agric, Kyushu University, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812 8581, Japan.
2004 *Bioscience Biotechnol. and Biochem.*, Vol.68(8), 1821-1823. (E)

Phantom encodes the 25-hydroxylase of *Drosophila melanogaster* and *Bombyx mori* : a P450 enzyme critical in ecdysone biosynthesis

WARREN J.T., PETRYK A., MARQUES G., PARVY J.P., SHINODA T. and ITOYAMA K.
2004 *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 34(9), 991-1010.

Toxicity of two type II ribosome-inactivating proteins (cinnamomin and ricin) to domestic silkworm larvae

WEI G.Q., LIU R.S., WANG Q.O. and LIU W.Y.
2004 *Archives Insect Biochemistry and Physiology*, Vol. 57(4), 160-165.

An innovative technique for inoculating recombinant baculovirus into the silkworm *Bombyx mori* using lipofectin

WU X.F., CAO C.P., KUMAR V.S. and CUI W.Z.
2004 *Research in Microbiology*, Vol. 155(6), 462-466.

Analysis of Characterization of the Key Proteins Associated Embryonic Development of the Silkworm, *Bombyx mori*

YAO G., ZHONG B., YAN X., SHEN F., CHEN Q., ZHOU L. and TONG X.
Department of Bioresource Science, College of Animal Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China.
2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 436-439. (C,e)

Utility of dry gel from two-dimensional electrophoresis for peptide mass fingerprinting analysis of silkworm proteins

ZHANG P.B., YAMAMOTO K., WANG Y.Q., BANNO Y., FUJII H., MIAKE F. *et al.*
2004 *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, Vol. 68(10), 2148-2154.

Purification and characterization of chymotrypsin inhibitor CI-3 from hemolymph of silkworm, *Bombyx mori*

ZHAO Q.L., HE N.J., SHIRAI K., FUJII H., BANNO Y. and YAMAMOTO K.
2004 *J. Faculty of Agriculture Kyushu University*, Vol. 49(1), 93-99.

Antibacterial activity of silkworm hemolymph after hemopoietic organ being injured with radiosurgery

ZHEN L.T., MEI X.S., YASUHIKO K. and KENJI K.
2004 *J. Applied Entomology*, Vol. 128(9/10), 687-690.

Studies on the Shape and Structure of Malpighian Tubules in the Silkworm

ZHONG Y., HUANG Z., WEI J. and WEN C.

Department of Sericulture and Silk, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.
2004 *Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica*, Vol. 30(4), 443-446. (C,e)

A scaleless wings mutant associated with tracheal system developmental deficiency in wing discs in the silkworm, *Bombyx mori*

ZHOU Q., TANG S., CHEN Y., YI Y., ZHANG Z. and SHEN G.

Biotechnology Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China.
2004 *Int J Dev Biol*, Vol. 48(10), 1113-1117. (E)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms : eggs, embryology

Conformational analysis of peptide analogues of Silkmoth chorion protein segments using CD, NMR and molecular modelling

BENAKI D.C., MIKROS E. and HAMODRAKAS S.J.

2004 J. Peptide Science, Vol. 10(6), 381-392.

Demarcation of diapause development by cold and its relation to time-interval activation of TIME-ATPase in eggs of the silkworm, *Bombyx mori*

TI X., TUZUKI N., TANI N., MORIGAMI E., ISOBE M. and KAI H.

Dept of Biochem., United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, Koyama, Tottori 680-8553, Japan.

2004 J Insect Physiol., Vol. 50(11), 1053-1064. (E)

Effect of Different Periods of Cold Storing of Bivoltine Eggs on Subsequent Generation Rearing Performance

VENKATESH H., RAGHURAMAN R. and KATTI S.R.

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

2004 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 9(2), 269-272. (E)

Study on Improvement of the Hatching Rate of Silkworm Eggs Soaked in Water During Incubation by Oxygen Peroxide

ZHAO L.

Life Science School, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2004 Canyue Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 440-442. (C,e)

Vers à soie : glandes séricigènes

Silkworms : silk glands

Spatio-temporal expression of *wnt-1* during embryonic wing and silk gland development in *Bombyx mori*

DHAWAN S. and GOPINATHAN K.P.

2003 Gene Expression Patterns, Vol. 3(5), 559-570.

Secondary structures and conformational changes in flagelliform, cylindrical, major, and minor ampullate silk proteins. Temperature and concentration effects.

DICKO C., KNIGHT D., KENNEY J.M. and VOLLRATH F.

Department of Zoology, Oxford University, Oxford OXI 3PS, U.K.

2004 Biomacromolecules, Vol. 5(6), 2105-2115. (E)

Presence of membrane ecdysone receptor in the anterior silk gland of the silkworm *Bombyx mori*

ELMOGY M., IWAMI M. and SAKURAI S.

Division of Life Sciences, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Kakumamachi, Japan.

2004 Eur. J. Biochem., Vol. 271(15), 3171-3179. (E)

Macromolecular array patterns of silk gland secretion in social *Hymenoptera* larvae

GOMES G., SILVA-ZACARIN E.C., ZARA F.J., SILVA DE MORAES R.L. and CAETANO F.H.

Depto de Biologia Instituto de Biociencias, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brazil.

2004 Genet Mol Res., Vol. 3(3), 309-322. (E)

Molecular and mechanical characterization of aciniform silk : Uniformity of iterated sequence modules in an novel member of the spider silk fibroin gene family

HAYASHI C.Y., BLACKLEDGE T.A. and LEWIS R.V.

2004 Molecular Biology and Evolution, Vol. 21(10), 1950-1959.

Novel assembly properties of recombinant spider dragline silk proteins

HUEMMERICH D., SCHEIBEL T., VOLLRATH F., COHEN S., GAT U. and ITTAH S.

Department of Organic Chemistry and Biochemistry, Technische Universität München, 85747 Garching, Germany.

2004 Curr Biol., Vol. 14(22), 2070-2074. (E)

Silk sericin retards the crystallization of silk fibroin

LEE K.H.

2004 Macromolecular Rapid Communications, Vol. 25(20), 1792-1796.

Ecdysteroid as a mediator in the regulation of silk protein synthesis and its influence on silkworm (*Bom.*, *Lepidoptera*) genome

MIAO Y.G., SHI L.G. and NAIR K.S.

2004 J. Applied Entomology, Vol. 128(5), 348-353.

Brown widow (Latrodectus geometricus) major ampullate silk protein and its material properties

MOTRIUK-SMITH D. and LEWIS R.V.

2004 Biomedical Sciences Instrumentation, Vol. 40, 64-69.

Inter-specific sequence conservation and intra-individual sequence variation in a spider silk gene

TAI P.L., HWANG G.Y. and TSO I.M.

Department of Life Science, Tunghai University, Taichung 407, Taiwan.

2004 Int J Biol Macromol., Vol. 34(5), 295-301. (E)

Soie

Silk

Dyeing of Silk with *Terminalia Arjuna*

AAVA RANI PHUKAN and RAJASHREE PHUKAN

Department of Clothing and Textiles, College of Home Science, Assam Agricultural University, Jorhat, India.

2004 Indian Silk, Vol. 43(8), 17-18. (E)

Fastness properties of silk yarns dyed with apricot leaves

BANSAL A., SHARMA A., RANI S. and SOOD A.

Department of Textiles & Apparel Designing, College of Home Science, CSK HPKV, Palampur, India.

2005 Indian Silk, Vol. 43(10), 19-22. (E)

Production and purification of recombinant DP1B silk-like protein in plants

BARR L.A., FAHNESTOCK S.R. and YANG J.J.

2004 Molecular Breeding, Vol. 13(4), 345-356.

Probing the elastic nature of spider silk in pursuit of the next designer fiber

BROOKS A.E. and LEWIS R.V.

2004 Biomedical Sciences Instrumentation, Vol. 40, 232-237.

Physical properties of *Hydropsyche sitalai* (Trichoptera) net silk

BROWN S.A., RUXTON G.D. and HUMPHRIES S.

2004 J. North American Benthological Society, Vol. 23(4), 771-779.

Silk fibroin modified porous poly(E-caprolactone) scaffold for human fibroblast culture in vitro

CHEN G., ZHOU P., MEI N., CHEN X., SHAO Z.Z., PAN L.F. and WU C.G.

2004 J. Materials Science Materials in Medicine, Vol. 15(6), 671-677.

Human bone marrow stromal cell and ligament fibroblast responses on RGD-modified silk fibers

CHEN J., ALTMAN G.H., KARAGEORGIU V., HORAN R., COLLETTE A., VOLLOCH V. *et al.*

2003 J. Biomedical Materials Research, Vol. 67A(2), 559-570.

Silk fibroin-coated three-dimensional polyurethane scaffolds for tissue engineering : interactions with normal human fibroblasts

DAL PRA I., PETRINI P., CHARINI A., BOZZINI S., FARE S. and ARMATO U.

2003 Tissue Engineering, Vol. 9(6), 1113-1121.

In vitro degradation of silk fibroin

HORAN R.L., ANTLE K., COLLETTE A.L., WANG Y., HUANG J., MOREAU J.E. *et al.*
Biomedical Engineering Department, Tufts University, 4 Colby Street, Room 153, Medford,
MA 02155, USA.

2005 Biomaterials, Vol. 26(17), 3385-3393. (E)

Silk structure in the hornet cocoon

JOSEPH Z. and ISHAY J.S.

Department of Physiology and Pharmacology, Sackler Faculty of Medicine, Tel Aviv University,
Ramat Aviv 69978, Israel.

2004 J. Electron. Microsc. (Tokyo), Vol. 53(3), 293-304. (E)

Silk fibroin/chitosan conjugate crosslinked by tyrosinase

KANG G.D., LEE K.H., KI C.S., NAHM J.H. and PARK Y.H.

2004 Macromolecular Research, Vol. 12(5), 534-539.

Behavior of hydrothermal decomposition of silk fibroin to amino acids in near-critical water

KANG K.Y. and CHUN B.S.

2004 Korean J. Chemical Engineering, Vol. 21(3), 654-659.

Bone morphogenetic protein-2 decorated silk fibroin films induce osteogenic differentiation of human bone marrow stromal cells

KARAGEORGIOU V., MEINEL L., HOFMANN S., MALHOTRA A., VOLLOCH V. and KAPLAN D.

2004 J. Biomedical Materials Research : Part A, Vol. 71A(3), 528-537.

Pretreatment of silk-dyeing industrial wastewater by UASB reactor

KARNCHANAWONG S. and SAWANGPANYANGKURA T.

Dept of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 50200 Thailand.

2004 Water Sci Technol., Vol. 50(8), 185-192. (E)

Three-dimensional aqueous-derived biomaterial scaffolds from silk fibroin

KIM U.J., PARK J., JOO KIM H., WADA M. and KAPLAN D.L.

Department of Biomedical Engineering, Bioengineering Center, Tufts University, 4 Colby Street,
Medford, MA 02155, USA.

2005 Biomaterials, Vol. 26(15), 2775-2785. (E)

Synthesis of a silk-inspired peptide oligothiophene conjugate

KLOK H.A., ROSLER A., GOTZ G., MENA-OSTERITZ E. and BAUERLE P.

2004 Organic and biomolecular Chemistry, Vol. 2(24), 3541-3544.

Silk fibroin regulated mineralization of hydroxyapatite nanocrystals

KONG X.D., CUI F.Z., WANG X.M., ZHANG M. and ZHANG W.

2004 J. Crystal Growth, Vol. 270(1/2), 197-202.

Effect of methyl alcohol on the morphology and conformational characteristics of silk sericin

LEE K., KWEON H., YEO J.H., WOO S.O., LEE Y.W., CHO C.S., KIM K.H. and PARK Y.H.

2003 Int. J. Biol. Macromol., Vol. 33(1/3), 75-80.

Structural and physical properties of silk fibroin/alginate blend sponges

LEE K.G., KWEON H.Y., YEO J.H., WOO S.O., LEE J.H. and PARK Y.H.

2004 J. Applied Polymer Science, Vol. 93(5), 2174-2179. (E)

Preparation of insoluble fibroin films and its tensile property

LU Q., CAO C.B., ZHAI H.Z. and ZHU H.S.

2004 Chinese Science Bull., Vol. 49(10), 1009-1011.

Preparation and properties of insoluble fibroin films by novel method

LU Q., CAO C.B., ZHANG Y., MA X.L. and ZHU H.S.

2004 Chemical J. of Chinese Universities Chinese, Vol. 25(9), 1752-1755.

The Relationship between Silkworm Spinneret Positions during Cocoon Construction and Movement of Cocoons in the Reeling Bath

MAJIBUR RAHMAN KHAN Md., MIURA M., MORIKAWA H., HASHIZUME Y. and IWASA M.

Shinshu University, Tokida 3-15-1, Ueda, Nagano, 386-8567, Japan.

2004 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 73(3), 107-112. (E)

The inflammatory responses to silk films *in vitro* and *in vivo*

MEINEL L., HOFMANN S., KARAGEORGIOU V., KIRKER-HEAD C., McCOOL J. *et al.*

2005 Biomaterials, Vol. 26(2), 147-155.

Engineering bone-like tissue *in vitro* using human bone marrow stem cells and silk scaffolds

MEINEL L., KARAGEORGIOU V., HOFMANN S., FAJARDO R., SNYDER B. *et al.*

2004 J. Biomedical Materials Research : Part A, Vol. 71A(1), 25-34.

Acid extraction and purification of recombinant spider silk proteins

MELLO C.M., SOARES J.W., ARCIDIACONO S. and BUTLERS M.M.

2004 Biomacromolecules, Vol. 5(5), 1849-1852.

Spider dragline silk proteins in transgenic tobacco leaves : accumulation and field production

MENASSA R., HONG Z., KARATZAS C.N., LAZARIS A., RICHMAN A. and BRANDLE J.

2004 Plant Biotechnology J., Vol. 2(5), 431-438.

Formation of silk fibroin matrices with different texture and its cellular response to normal human keratinocytes

MIN B.M., JEONG L., NAM Y.S., KIM J.M., KIM J.Y. and PARK W.H.

IBEC and BK21 HLS, College of Dentistry, Seoul National Univ., Seoul 110-749, Republic of Korea.

2004 Int J. Biol Macromol., Vol. 34(5), 281-288. (E)

Electrospinning of silk fibroin nanofibers and its effect on the adhesion and spreading of normal human keratinocytes and fibroblasts *in vitro*

MIN B.M., LEE G., KIM S.H., NAM Y.S., LEE T.S. and PARK W.H.

IBEC and BK21 HLS, Seoul National University College of Dentistry, Seoul 110-749, South Korea.

2004 Biomaterials, Vol. 25(7-8), 1289-1297. (E)

Fibroin hydrogels for biomedical applications : preparation, characterization and *in vitro* cell culture studies

MOTTA A., MIGLIARESI C., FACCIONI F., TORRICELLI P., FINI M. and GIARDINO R.

2004 J. Biomaterials Science : Polymer Edition, Vol. 15(7), 851-864.

Preferential alignment of hydroxyapatite crystallites in nanocomposites with chemically disintegrated silk fibroin

NEMOTO R., WANG L., IKOMA T., TANAKA J. and SENNA M.

2004 J. Nanoparticle Research, Vol. 6(2/3), 259-265.

Effect of chitosan on morphology and conformation of electrospun silk fibroin nanofibers
PARK W.H., JEONG L., YOO D.I. and HUDSON S.
2004 Polymer, Vol. 45(2&), 7151-7157.

Investigation on the conformation transition of regenerated silk fibroin films under thermal treatment by two-dimensional (2D) correlation FT-IR spectroscopy
PENG X.N., CHEN X., WU P.Y. and SHAO Z.Z.
2004 Acta Chimica Sinica, Vol. 62(21), 2127-2130.

Dissolution and regeneration of *Bombyx mori* silk fibroin using ionic liquids
PHILLIPS D.M., DRUMMY L.F., CONRADY D.G., FOX D.M., NAIK R.R. *et al.*
2004 J. American Chemical Society, Vol. 126(44), 14350-14351.

Effects of pH and calcium ions on the conformational transitions in silk fibroin using 2D Raman correlation spectroscopy and C13 solid-state NMR
PING Z., XUN X., KNIGHT D.P., ZONG X.H., FENG D. and YAO W.H.
2004 Biochemistry, Vol. 43(35), 11302-11311.

Molecular studies of a novel dragline silk from a nursery web spider, *Euprosthenoops sp.* (*Pisauridae*)
POUCHKINA-STANTCHEVA N.N. and McQUEEN-MASON (S.J.)
2004 Comparative Biochemistry and Physiology, B : Biochem. and Mol. Biol., Vol. 138(4), 371-376.

Nonlinear optical transmission of silk/green fluorescent protein (GFP) films
PUTTHANARAT S., EBY R.K., NAIK R.R., JUHL S.B., WALKER M.A. *et al.*
2004 Polymer, Vol. 45(25), 8451-8457.

Weighting and improvement of silk properties
RAMADAN A.M., MOSLEH S. and GAWISH S.M.
2004 J. Applied Polymer Science, Vol. 93(4), 1743-1747.

Structural evolution of regenerated silk fibroin under shear : Combined wide-and small-angle x-ray scattering experiments using synchrotron radiation
ROSSLE M., PANINE P., URBAN V.S. and RIEKEL C.
2004 Biopolymers, Vol. 74(4), 316-327.

Study of protein conformation and orientation in silkworm and spider silk fibers using Raman microspectroscopy
ROUSSEAU M.E., LEFEVRE T., BEAULIEU L., ASAKURA T. and PEZOLET M.
Dept de Chimie, CERSIM, CREFSIP, Universite Laval, Pavillon Alexandre-Vachon, Quebec(Quebec), Canada G1K 7P4.
2004 Biomacromolecules, Vol. 5(6), 2247-2257. (E)

Spider silks : recombinant synthesis, assembly, spinning and engineering of synthetic proteins
SCHEIBEL T.
Dept of Chemistry, Lehrstuhl für Biotech, Technische Universität München, Lichtenbergstr, 4, 85747 Garching, Germany.
2004 Microb Cell Fact., Vol. 3(1), 14. (E)

Surface modification of silk by cold SF6 plasma treatment
SELLI E., RICCARDI C., MASSAFRA M.R. and MARCANDALLI B.
2001 Macromolecular Chemistry and Physics, Vol. 202(9), 1672-1678.

Lattice deformation and thermal stability of crystals in spider silk
SHEU H.S., PHYU K.W., JEAN Y.C., CHIANG Y.P., TSO I.M., WU. H.C. *et al.*
National Synchrotron Radiation Research Center, Hsinchu 300, Taiwan.
2004 Int J Biol Macromol., Vol. 34(5), 325-331. (E)

Surface modification of blend films composed of silk fibroin and poly(ethylene glycol) macromer and their in vitro antithrombogenicity
SUN H.X., WANG S. and ZHU H.S.
2004 Chinese J. Polymer Science, Vol. 22(4), 399-403.

Chemical modification of silk sericin in lithium chloride/dimethyl sulfoxide solvent with 4-cyanophenyl isocyanate
TERAMOTO H., NAKAJIMA K., and TAKABAYASHI C.
2004 Biomacromolecules, Vol. 5(4), 1392-1398.

Wet spinning of silk polymer - II. Effect of drawing on the structural characteristics and properties of filament
UM I.C., KI C.S., KWEON H.Y., LEE K.G., IHM D.W. and PARK Y.H.
2004 International J. Biological Macromolecules, Vol. 34(1/2), 107-119.

Wet spinning of silk polymer -I. Effect of coagulation conditions on the morphological feature of filament
UM I.C., KWEON H.Y., LEE K.G., IHM D.W., LEE J.H. and PARK Y.H.
2004 International J. Biological Macromolecules, Vol. 34(1/2), 89-105.

Growth of human cells on a non-woven silk fibroin net : a potential for use in tissue engineering
UNGER R.E., WOLF M., PETERS K., MOTTA A., MIGLIARESI C. and JAMES-KIRKPATRICK C.
2004 Biomaterials, Vol. 25(6), 1069-1075.

Effects of alkali pretreatment of silk fibroin on microstructure and properties of hydroxyapatite-silk fibroin nanocomposite
WANG L., NEMOTO R. and SENNA M.
Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Techno., Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Yokohama 223-8522, Japan.
2004 J. Mater Sci Mater Med., Vol. 15(3), 261-265. (E)

Mechanical properties of electrospun silk fibers
WANG M., JIN H.J., KAPLAN D.L. and RUTLEDGE G.C.
2004 Macromolecules, Vol. 37(18), 6856-6864.

Analysis on Molecular Conformation Transforming in NanoTiO₂/Silk Fibroin Composite Membrane and Pure Silk Fibroin Membrane
XIA Y.
Department of Polymer, Anhui University of Technology, Maanshan 243002, China.
2004 Canye Kexue, Acta Sericologica Sinica, Vol. 30(4), 382-385. (C,e)

Influence of pH value on the conformation transition of silk fibroin
XIE X., ZHOU P., DENG F., WU P.Y., ZHONG X.H. and YAO W.H.
2004 Chemical J. Chinese Universities, Vol. 25(5), 961-965.

Immobilization of L-asparaginase on the microparticles of the natural silk sericin protein and its characters
ZHANG Y.Q., TAO M.L., SHEN W.D., ZHOU Y.Z., DING Y., MA Y. and ZHOU W.L.
2004 Biomaterials, Vol. 25(17), 3751-3759.

