

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

H. BOUVIER
G. CHAVANCY
A. FOURNIER

Managing Director
Chief Editor
Deputy Editor

COMITE DE REDACTION
EDITORIAL BOARD

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

LEGAY J.-M. (France)
LIU S.-X. (Chine / *China*)
LU H.-S. (Chine / *China*)
MANO Y. (Japon / *Japan*)
MAUCHAMP B. (France)
PERSOONS C.J. (Pays-Bas / *The Netherlands*)
PRUDHOMME J.-C. (France)
REALI G. (Italie / *Italy*)
SHIMURA K. (Japon / *Japan*)
SHIRATA A. (Japon / *Japan*)
SOMASHEKAR T.H. (Inde / *India*)
SONWALKAR T.N. (Inde / *India*)
TAKAHASHI R. (Brésil / *Brazil*)
TAZIMA Y. (Japon / *Japan*)
TRENCZEK T. (Rép. tchèque / *Czech Republic*)
VAGO C. (France)
VEY A. (France)
XIA J.-G. (Chine / *China*)
YAMASHITA O. (Japon / *Japan*)
YANAGAWA H. (Japon / *Japan*)

SOMMAIRE - CONTENTS

Revue / Review

- Interspecific hybridisation in *Antheraea* - its scope and potential** 573
 Portée et potentiel de l'hybridation interspécifique chez *Antheraea* 577
 M. S. JOLLY

Articles scientifiques / Scientific papers

- The role of the central nervous system in the control of feeding behavior of the silkworm larva, *Bombyx mori*** 579
 Le rôle du système nerveux central dans le contrôle du comportement alimentaire de la larve du ver à soie, *Bombyx mori* 585
 T. HIRAO & T. SHIMISU

- Heterosis among lines selected for pupal weight in the interline hybrids of the silkworm *Bombyx mori* L.** 587
 Hétérosis parmi les lignées sélectionnées pour le poids de la chrysalide chez les hybrides interlignées du ver à soie *Bombyx mori* L. 597
 K. L. RAJANNA & H. P. PUTTARAJU

Rapports techniques / Technical reports

- Efficiency of food utilisation by the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) fed on artificial diets** 601
 Efficacité de l'utilisation de la nourriture par le ver à soie *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) nourri sur aliments artificiels 611
 J. E. MIRANDA & R. TAKAHASHI

- Effect of temperature on consumption and utilisation of food in two races of *Bombyx mori* L.** 615
 Effet de la température sur la consommation et l'utilisation de nourriture chez deux races de *Bombyx mori* L. 623
 C. D. BASAVARAJU, B. LAKSHMI KUMARI & S. R. ANANTHANARAYANA

- Influence of photoperiod and scotoperiod on the food budget in the silkworm *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae)** 627
 Influence de la photopériode sur l'utilisation de nourriture chez le ver à soie *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) 635
 F. B. ASIYA NUZHAT & M. R. DELVI

- Effect of thiamine on commercial traits and biochemical contents of the fat body and haemolymph in the silkworm, *Bombyx mori* L.** 639
 Effet de la thiamine sur les caractères commerciaux et le contenu biochimique du corps gras et de l'hémolymph chez le ver à soie, *Bombyx mori* L. 647
 R. B. NIRWANI & B. B. KALIWAL

- Influence of thyroxine sodium tablets on mulberry silkworm *Bombyx mori* L.** 651
 Influence des comprimés de thyroxine sur le ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L. 657
 R. RAJASHEKHARGOUDA, M. GOPALAN, S. JAYARAJ & N. NATARAJAN

Response of mulberry varieties to leaf rust (<i>Cerotelium fici</i>) as influenced by fungicides	661
Influence des fongicides sur la réponse de variétés de mûrier à la rouille de la feuille (<i>Cerotelium fici</i>)	667
S. K. GANGWAR, P. M. PRATHEESH KUMAR, C. ELANGO VAN, R. S. TEOTIA, S. M. H. QADRI & B. SARATCHANDRA	

Response of mulberry saplings to inoculation with VA Mycorrhizal fungi and <i>Azotobacter</i>	669
Réaction de jeunes plants de mûrier à l'inoculation de champignons mycorrhiziens et d' <i>Azotobacter</i>	677
C. G. UMAKANTH & D. J. BAGYARAJ	

Composition of the essential leaf oil of <i>Litsea cubeba</i> Pers. from Assam, India	681
Composition de l'huile essentielle de feuilles de <i>Litsea cubeba</i> Pers. d'Assam, Inde	689
S. N. CHOUDHURY, R. Z. AHMED, A. BARTHEL & P. A. LECLERCQ	

Notes brèves / Brief notes

Nutritional status of the muga food plant - <i>Litsaea polyantha</i> (Soalu)	693
Etat nutritionnel de la plante hôte du muga - <i>Litsaea polyantha</i> (Soalu)	697
A. SRIVASTAVA, GEETIKA, D. PRAKASH, R. SINGH, A. A. SIDDIQUE, P. K. DAS, S. S. RAGHUVANSHI	

Variation in cocoon characteristics of 'muga silkworm' (<i>Antheraea assama</i> Westwood) reared on 'som' (<i>Persea bombycina</i> Kost.), collected from different places of upper Assam, India	699
Variation des caractéristiques des cocons du ver à soie muga (<i>Antheraea assama</i> Westwood) élevés sur 'som' (<i>Persea bombycina</i> Kost.) et provenant d'endroits différents dans le haut Assam en Inde	703
R. Z. AHMED, S. N. CHOUDHURY & P. R. BHATTACHARYYA	

Essential oil of <i>Magnolia pterocarpa</i> Roxb., a new report from Northeast India	705
L'huile essentielle de <i>Magnolia pterocarpa</i> Roxb. du nord-est de l'Inde	709
S. N. CHOUDHURY & P. A. LECLERCQ	

Bibliographie / Bibliography	711
Sériciculture générale / General sericulture	713
Mûrier / Mulberry	717
<i>Bombyx mori</i> : élevage, nutrition, pathologie / <i>Bombyx mori</i> : rearing, feeding, pathology	721
Séricigènes non mûriers : élevage, nutrition, pathologie / Non mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	725
Vers à soie : génétique / Silkworms: genetics	729
Vers à soie : physiologie, biochimie / Silkworms: physiology, biochemistry	733
Vers à soie : œufs, embryologie / Silkworms: eggs, embryology	737
Glandes séricigènes / Silk glands	739
Soie / Silk	741

INTERSPECIFIC HYBRIDISATION IN *ANTHERAEA* - ITS SCOPE AND POTENTIAL

M.S. JOLLY*

Director (RETD), CSR&TI, Mysore, India.

*Interspecific hybridisation had been advocated in *Antheraea* species for overcoming various constraints in tasar and muga cultures. The approach however could not be successfully pursued due to ensuing sterility in F1 hybrids. Keeping in view the recent findings of sex limited fertility in the F1 hybrids of *Antheraea* a ray of hope has emerged. The paper suggests to adopt interspecific hybridisation in *Antheraea* more vigorously with the object of producing more productive races amenable to easy handling during diapause in the larger interest of *Antheraea* based seri-industry.*

Antheraea based silks are primarily produced in India, China and Japan. Till the 1950's they were also cultivated in Korea and Russia. *Antheraea pernyi* is the species involved for Chinese tasar silk production and feeds on oak (*Quercus* sp.). The Japanese species *A. yamamai* too feeds on oak. *Antheraea* based silks in India are of three types i.e. tropical tasar, temperate tasar and muga. Tropical tasar is cultivated in northern and central India. It is produced by *A. mylitta* and feeds primarily on *Terminalia arjuna* (Arjun), *Terminalia tomentosa* (Asan) and *Shorea robusta* (Sal.). The temperate tasar is produced by *A. proylei*, is confined to the temperate sub-himalayan belt and feeds on oak. Muga silk is produced by *A. assamensis* and feeds primarily on forest plants of *Machilus bombycina* (Som), *Litsaea monopetala* (Soalu). Muga silk is endemic to Assam.

A. pernyi, *A. proylei* and *A. mylitta* have pupal diapause while *A. yamamai* has diapause at egg stage. *A. assamensis* has no diapause in its life cycle.

In India, attempts to breed productive and well defined tasar and muga silkworm races have not yielded results. The Central Tasar Research and Training Institute which was established at Ranchi (Bihar) in 1964, conducted an all India survey and identified 24 eco-types of tasar silkworm (Table I).

The salient feature of the survey was that nature grown tasar cocoons collected from sal had a cocoon weight and silk content of 14 g and 20-22% respectively, when compared to the popular variety of Daba, cultivated commercially on arjun and asan with a cocoon weight of 12 g and a silk content of 12-13% only. Tempted by the richness of nature grown cocoons, attempts were made to reproduce and maintain the nature grown eco-types like Raily, Modal and Barharwa. Inter-regional crossings were also tried between the promising eco-types. However, due to a very high degree of heterogeneity in different eco-types of *A. mylitta* D., no success has been achieved in introducing any meaningful race breeding or hybridisation programme. This is a serious constraint in the development of this industry. In an earlier attempt, interspecific hybridisation had been tried by Mankino (1956) between *A. pernyi* (n=49) and *A. yamamai* (n=31). While the F1 progeny was successfully reared, the F1 moths were sterile. Chowdhury (1960) also got a similar result in the cross of *A. mylitta* (n=31) and *A. frithii* (n=31). Yet another interesting example of interspecific cross was reported in India between *A. pernyi* (n=49) and *A. roylei* (n=31), Jolly *et al.*, 1973 (Table II) which resulted in fertile hybrids and the progeny has been maintained/reproduced over the last thirty years.

* H. No. 11, 'K' Block, J.T.K. Layout, Kuvempunagar, Mysore: 570 023, India.

Table I. Commercial characters of the eco-races of *A. mylitta* D.Tableau I. Caractères commerciaux des écoraces de *A. Mylitta* D.

Ecotype	Food plant	Peduncle length	Cocoon volume	Cocoon weight	Pupal weight	Shell weight	Silk ratio	Filament length	Denier
	<i>Plante hôte</i>	<i>Longueur du pédoncule (cm)</i>	<i>Volume du cocon (cc)</i>	<i>Poids du cocon (g)</i>	<i>Poids pupal (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	
Daba (Bihar)	<i>Terminalia</i>	4.80	32.31	12.10	10.57	1.53	12.64	750	12
Laria (M.P.)	-	5.38	17.34	9.75	7.87	1.88	19.28	785	10
Daba (M.P.)	-	4.70	30.40	11.16	9.96	1.20	10.75	737	12
Bhandara	-	5.89	12.09	6.93	5.69	1.24	17.89	613	9
Sariban	-	4.47	14.32	6.89	6.18	0.71	10.30	533	9
Nega	-	5.00	15.30	7.74	6.51	1.23	15.89	819	8
Bogai	-	5.50	19.20	9.42	7.97	1.45	16.34	895	9
Jadie	-	4.00	29.50	12.29	10.06	2.23	18.14	995	12
Moonga	-	4.53	15.28	7.73	6.49	1.24	16.04	834	9
Nowgaon	-	4.00	18.00	8.60	7.36	1.24	14.30	475	10
Andhra	-	6.20	21.00	9.45	7.88	1.57	16.61	700	10
Nalia	<i>Sharea</i>	11.34	25.58	11.68	9.11	2.57	22.00	1201	12
Raily	-	7.82	30.36	12.77	10.11	2.66	20.83	1232	13
Mugia	-	4.31	20.93	11.11	8.74	2.37	21.33	1239	11
Mirzapur (U.P.)	-	4.50	20.00	8.14	6.50	1.64	20.14	800	11
Barharwa	-	6.05	27.40	13.76	10.75	3.01	21.87	1234	12
Modia	-	5.70	32.39	15.29	12.12	3.17	20.73	1234	12
Modal	-	6.37	31.35	14.17	10.53	3.64	25.68	1383	12
Laria (Bihar)	-	4.50	17.30	8.40	7.20	1.20	14.28	785	10
Patjharia	-	4.40	16.20	7.32	6.38	0.94	12.84	895	9
Jarui	<i>Lagerstroemia</i>	3.80	13.40	6.37	5.27	1.10	17.26	600	8
Munga (W.B)	-	6.80	13.00	6.86	5.97	0.89	12.97	550	10
Giribam	<i>Zizyphus</i>	4.50	16.00	11.31	8.77	2.54	22.44	950	10
Belgaum	<i>Hardwickia</i>	5.00	12.50	6.38	5.84	0.54	8.46	617	8

Table II. Interspecific cross between *A. pernyi* and *A. roylei* (commercial characters of parents vis-a-vis hybrids).*Tableau II. Croisement interspécifique entre A. pernyi et A. roylei (caractères commerciaux des parents par rapport aux hybrides).*

Name of species	Cocoon wt.	Reelable silk	Reelable silk ratio	Filament length
Nom de l'espèce	Poids du cocon (g)	Soie dévidable (g)	Richesse soyeuse dévidable (%)	Longueur du filament (m)
<i>A. pernyi</i> (n = 49)	4.6	0.41	8.90	411
<i>A. roylei</i> (n = 31)	5.0	0.25	5.00	360
Mid-parent value (MPV)	4.8	0.33	6.95	385.5
Valeur du parent médian (MPV)				
F1	6.5	0.90	13.84	748
Gain over MPV %	35.5	169.6	99.13	94.4
Gain par rapport au MPV (%)				

Table III. Result of crosses in some *Antheraea* species in India.*Tableau III. Résultats de croisements chez certaines espèces d'Antheraea en Inde.*

Sl No.	Hybrids	Layings obtained (No.)	Eggs obtained (No.)	Worms hatched	Hatching %	Cocoons harvested	ERR
No. d'ordre	Hybrides	Pontes obtenues (Nbre.)	Oeufs obtenus (Nbre.)	Vers éclos	% d'éclosion	Cocons recueillis	Taux effectif d'élevage
1.	<i>A. assama</i> × <i>mylitta</i>	3	40	-	-	-	-
2.	<i>A. mylitta</i> × <i>assama</i>	3	414	2	0.5	-	-
3.	<i>A. mylitta</i> × <i>pernyi</i>	1	182	21	11.5	-	-
4.	<i>A. pernyi</i> × <i>mylitta</i>	1	101	-	-	-	-
5.	<i>A. mylitta</i> × <i>roylei</i>	1	170	-	-	-	-
6.	<i>A. roylei</i> × <i>mylitta</i>	3	201	10	5.0	-	-
7.	<i>A. mylitta</i> × <i>frithii</i>	4	830	289	34.8	62	21.4
8.	<i>A. frithii</i> × <i>mylitta</i>	2	394	165	41.8	68	41.2
9.	<i>A. roylei</i> × <i>pernyi</i>	5	881	178	20.2	102	57.3
10.	<i>A. pernyi</i> × <i>roylei</i>	1	148	148	100.0	54	36.5

Tazima (1974) studied the chromosome behaviour in an interspecific hybrid *A. roylei* × *A. pernyi* and reported that chromosomes paired almost completely at meiotic metaphase namely 49 *pernyi* chromosomes paired with 30 *roylei* chromosomes and not a single chromosome was seen unpaired. The finding suggested that most of *A. pernyi* chromosomes were the products of splitting of the *A. roylei* chromosomes keeping total genome constituents almost complete.

Encouraged by the findings of interspecific crosses between *A. pernyi* × *A. yamamai* and *A. pernyi* × *A. roylei* a race breeding programme with the species available in the country was initiated and the following crosses were made (Table III).

From table III, it is seen that there are three types of behaviour in the hybrid combinations.

i) *A. pernyi* (n = 49) × *A. roylei* (n = 31) - F1 is fertile and progenies obtained have been maintained over the last 30 years.

ii) *A. mylitta* (n = 31), *A. frithii* (n = 31) - F1 progeny was fertile but the F1 moths were reportedly sterile.

iii) *A. mylitta* (n = 31) × *A. assamensis* (n = 15), *A. mylitta* × *A. pernyi* and *A. roylei* × *A. mylitta*, a few eggs hatched but could not be reared successfully.

No further studies have been pursued on the above two types i.e. ii and iii. Sturtevant (1920) reported that the cross of *Drosophila melanogaster* (n = 8) × *D. simulans* (n = 8) produced only fertile females while its reciprocals produced only fertile males. Mainland (1942) has described that the cross *D. limpiensis* (2n = 12) × *D. macrospina* (2n = 12) produced fertile daughters and sterile sons but in the reciprocal cross the F1 hybrids were fertile. T. Shimada and M. Kobayashi (1991) while studying the fertility of F1 hybrids between *A. yamamai* and *A. pernyi* have revealed that the F1 females are unable to create progenies due to very incomplete vitellogenesis and choriogenesis, resulting in the degradation of immature eggs. They have however demonstrated the fertility of F1 males. They have morphologically normal testis and sperms and back crossing of *A. yamamai* females with F1 male of *A. yamamai* and *A. pernyi* was successful. This opens up the possibility of breeding new species which can have the merit of both the parents. It will be interesting to study if such a sex limited sterility exists in the interspecific cross of *A. mylitta* and *A. frithii* mentioned above. It will also be desirable to extend this study on the following species available in India to evolve new productive breeds with different voltinism. *A. assamensis*, *A. pernyi*, *A. mylitta*, *A. frithii*, *A. roylei* and *A. proylei*.

The other two species *A. compta* and *A. helferi* found in the Garo and Khasi hills of Meghalaya can also be studied. The inclusion and study of *A. yamamai* will be of particular interest to develop promising species having egg diapause.

REFERENCES

- CHOWDHURY S.N. (1960) Genetics of tasar silkworm. 2nd International Technical Sericultural Conference Murcia, Spain, CSB-India, 4
- MAKINO S. (1956) A review of chromosome number in animals. Hokurukan, Tokyo, 102-110.
- JOLLY M.S., SINHA B.R.R.P., SINHA S.S. (1973) Interspecific hybridisation in *Antheraea* with special reference to *A. roylei* × *A. pernyi*. XII. International Silk Congress, Barcelona (Spain).
- TAZIMA Y. (1974) A view on chromosome behaviour in an interspecific hybrid *A. roylei* × *A. pernyi*. Proceeding of the First International Seminar on Non-Mulberry Silk. Oct. 3-4 1974 pp 51-52.
- SHIMADA T., KOBAYASHI M. (1991) Fertility of F1 hybrids between *Antheraea yamamai* (Guerin-Meneville) and *Antheraea pernyi* (G.M.) - International Society for Wild Silk Moths-Wild Silk Moths, 1991-1992 pp 187-195.

PORTEE ET POTENTIEL DE L'HYBRIDATION INTERSPECIFIQUE CHEZ *ANTHERAEA*

M.S. JOLLY*

Director (RETD), CSR&TI, Mysore, Inde.

*L'hybridation interspécifique a été recommandée chez l'espèce **Antheraea** pour surmonter les diverses contraintes de l'élevage du tasar et du muga. Cette approche cependant n'a pas pu être poursuivie avec succès à cause de la stérilité survenue chez les hybrides F1. Grâce aux observations récentes sur la fertilité liée au sexe chez les hybrides F1 d'**Antheraea** on peut à nouveau espérer. L'article propose d'adopter l'hybridation interspécifique chez **Antheraea** de manière plus vigoureuse afin de produire des races plus productives, faciles à manier pendant la diapause dans l'intérêt général de l'industrie séricicole s'appuyant sur **Antheraea**.*

Les soies *Antheraea* sont principalement produites en Inde, en Chine et au Japon. Jusqu'en 1950 elles étaient aussi produites en Corée et en Russie. *Antheraea pernyi* est l'espèce utilisée pour la production de soie tasar chinoise et elle se nourrit sur le chêne (*Quercus* sp.). L'espèce japonaise *A. yamamai* se nourrit aussi sur le chêne. Les soies *Antheraea* en Inde sont de trois types, le tasar tropical, le tasar tempéré et le muga. Le tasar tropical est élevé dans le nord et le centre de l'Inde. Il est produit par *A. mylitta* qui se nourrit principalement sur *Terminalia arjuna* (Arjun), *Terminalia tomentosa* (Asan) et *Shorea robusta* (Sal.). Le tasar tempéré est produit par *A. proylei*, se confine à la région tempérée sous l'Himalaya et se nourrit sur le chêne. La soie muga est produite par *A. assamensis* qui se nourrit sur les plantes forestières *Machilus bombycina* (Som), *Litsaea monopetala* (Soalu). La soie muga est endémique à l'Assam.

A. pernyi, *A. proylei* et *A. mylitta* ont une diapause pupale tandis qu'*A. yamamai* a une diapause au stade de l'oeuf. *A. assamensis* n'a pas de diapause pendant son cycle de vie.

En Inde, les essais entrepris pour élever des races de ver à soie muga et tasar bien définies n'ont pas donné de résultats. Le *Central Tasar Research and Training Institute* qui a été créé à Ranchi (Bihar) en 1964, a réalisé une enquête dans l'Inde entière et a identifié 24 éco-types du ver à soie tasar (Tableau I).

Le trait marquant de cette étude est que les cocons tasar élevés dans la nature recueillis sur Sal ont un poids de cocon et une richesse soyeuse respectivement de 14 g et de 20 à 22 %, comparativement à la variété populaire Daba, cultivée commercialement sur Arjun et Asan dont le poids du cocon et la richesse soyeuse ne sont que de 12 g et de 12 à 13 %. La richesse des cocons élevés dans la nature a poussé à réaliser des essais pour reproduire et maintenir les éco-types trouvés dans la nature comme Raily, Modal et Barharwa. Des croisements inter-régionaux ont aussi été réalisés entre les éco-types prometteurs. Cependant, l'introduction de races d'élevage intéressantes ou de programmes d'hybridation n'a pas réussi à cause du degré d'hétérogénéité élevé entre les différents éco-types de *A. mylitta* D. Ceci est une contrainte sérieuse pour le développement de cette industrie. Dans un essai précédent, l'hybridation interspécifique avait été tentée par Maskino (1956) entre *A. pernyi* (n = 49) et *A. yamamai* (n = 31). Bien que la descendance F1 ait été élevée avec succès, les papillons F1 étaient

* No. 11, 'K' Block, J.T.K., Layout, Kuvempunagar, Mysore : 570 023, Inde.

stériles. Chowdhury (1960) a aussi obtenu des résultats similaires avec le croisement entre *A. mylitta* (n = 31) et *A. frithii* (n = 31). Cependant, un autre exemple intéressant de croisement interspécifique a été signalé en Inde entre *A. pernyi* (n = 49) et *A. roylei* (n = 31) Jolly et coll., 1973 (Tableau II) qui a donné des hybrides fertiles et dont la descendance a été maintenue/reproduite pendant les trente dernières années.

Tazima (1974) a étudié le comportement des chromosomes chez un hybride interspécifique *A. roylei* × *A. pernyi* et rapporté que les chromosomes s'appariaient presque complètement pendant la métaphase méiotique, en l'occurrence 49 chromosomes pernyi s'étaient appariés avec 30 chromosomes roylei et aucun des chromosomes ne s'était pas apparié. Ce résultat suggère que la plupart des chromosomes *A. pernyi* sont les produits de la scission des chromosomes *A. roylei*, ce qui permet presque de conserver la totalité des constituants des génomes.

Les résultats encourageants obtenus pour les croisements interspécifiques entre *A. pernyi* × *A. yamamai* et *A. pernyi* × *A. roylei* ont poussé à démarrer un programme d'élevage des races avec les espèces disponibles dans le pays et les croisements suivants ont été réalisés (Tableau III).

D'après le tableau III, on peut constater qu'il y a trois types de comportement dans les combinaisons d'hybrides.

i) *A. pernyi* (n = 49) × *A. roylei* (n = 31) - F1 est fertile et les descendances obtenues ont été maintenues pendant les trente dernières années.

ii) *A. mylitta* (n = 31), *A. frithii* (n = 31) - La descendance F1 est fertile mais les papillons F1 sont stériles.

iii) *A. mylitta* (n = 31) × *A. assamensis* (n = 15), *A. mylitta* × *A. pernyi* et *A. roylei* × *A. mylitta*, quelques oeufs ont éclos mais ils n'ont pas pu être élevés avec succès.

Aucune étude supplémentaire n'a été réalisée sur les deux types ci-dessus, ii et iii. Sturtevant (1920) a rapporté que le croisement *Drosophila melanogaster* (n = 8) × *D. simulans* (n = 8) ne produit que des femelles fertiles tandis que ses réciproques ne produisent que des mâles fertiles. Mainland (1942) a décrit que le croisement *D. limpiensis* (2n = 12) × *D. macrospina* (2n = 12) produit des filles fertiles et des fils stériles mais dans le croisement réciproque les hybrides F1 sont fertiles. T. Shimada et M. Kobayashi (1991) pendant qu'ils étudiaient la fertilité des hybrides F1 entre *A. yamamai* et *A. pernyi* ont observé que les femelles F1 sont incapables de créer des descendances à cause d'une vitellogénèse et d'une choriogénèse très incomplètes, qui entraînent la dégradation des oeufs immatures. Ils ont cependant prouvé la fertilité des mâles F1 qui ont des testicules et des spermatozoïdes morphologiquement normaux et le rétrocroisement des femelles *A. yamamai* avec les mâles F1 de *A. yamamai* et de *A. pernyi* a réussi. Ceci permettrait d'envisager l'élevage de nouvelles espèces pouvant avoir le mérite des deux parents. Il serait intéressant d'étudier si une telle stérilité limitée au sexe existe dans le croisement interspécifique entre *A. mylitta* et *A. frithii* mentionné ci-dessus. Il serait aussi souhaitable d'étendre cette étude aux espèces suivantes disponibles en Inde : *A. assamensis*, *A. pernyi*, *A. mylitta*, *A. frithii*, *A. roylei* et *A. proylei* pour mettre au point de nouvelles lignées productives aux différentes mues.

Les deux autres espèces *A. compta* et *A. helferi* trouvées dans les collines de Garo et de Khasi dans le Meghalaya, pourraient aussi être étudiées. L'inclusion et l'étude de *A. yamamai* seraient particulièrement intéressantes pour mettre au point des espèces prometteuses ayant une diapause de l'oeuf.

THE ROLE OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM IN THE CONTROL OF FEEDING BEHAVIOR OF THE SILKWORM LARVA, *BOMBYX MORI*

T. HIRAO¹ AND T. SHIMISU^{2*}

1. The National Institute of Agrobiological Resources Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

2. The National Institute of Sericulture and Insect Science 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

Food ingestion exhibited the quantity of the feces and a gain in body weight decreased greatly when the frontal connective or recurrent nerve is denervated by lesion. These nerve bundles of the efferent nerves from the frontal ganglion discharged impulses in the case of gut fulling or gut emptying. This result suggested that the frontal ganglion is the source or the pass of efferent-impulse discharges and the frontal ganglion imposes an activation for food ingestion via its connections to the brain and the alimentary canal.

Keywords: Central nervous system, control of feeding behavior, silkworm larva, *Bombyx mori*, lesion of nerve, impulse discharges.

INTRODUCTION

The neural substrates of insect feeding have not yet been identified within the central nervous system (Griss *et al.*, 1991). The subesophageal ganglion is responsible for the control of the mouthparts (Blaney and Simmonds, 1987), and plays an important role in feeding behavior (Griss *et al.*, 1991). On the other hand, it is reported that the frontal ganglion is not absolutely essential for feeding by Bell (1984). It is not clear whether the control of feeding behavior is a function of the subesophageal ganglion, or whether other central ganglia are also involved. Therefore, we investigated the role of the central nervous system in the control of feeding behavior of the silkworm larva, *Bombyx mori* by using surgical lesions and electrophysiological methods.

MATERIALS AND METHODS

Insects:

The strain of *Bombyx mori* used in the experiments was a hybrid between strains N 124 and C 124. Larvae were reared on fresh mulberry leaves. Fifth instar larvae were subjected to the present experiments.

Description of lesions:

A triangular window was cut in the cuticle of the frons (P in Fig. 1) to expose the brain and frontal ganglion. The brain and frontal ganglion remained intact after cutting 1N (both left and right nerves), 2N or 3N nerve with a fine forceps. In the control treatment, no lesions were made to the central

* Present address: Zennba 380, Ischara, Kanagawa 259 - 1106, Japan.

nervous system, only the incisions in the cuticle of the frons were made. After lesions were made, the feces and body weight of lesion-treated larvae were monitored for six days.

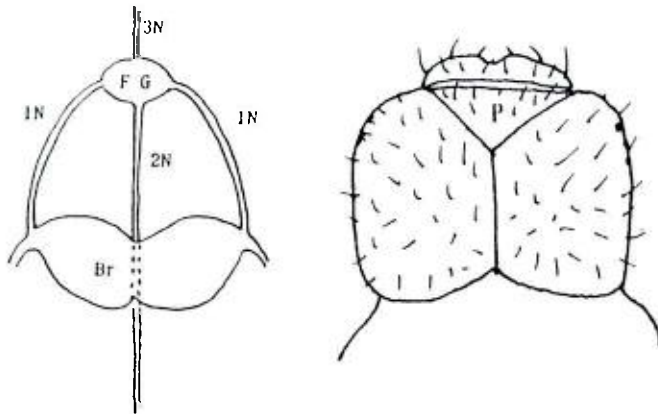


Fig. 1 : Diagram of the larval frontal ganglion and brain and the surgical region of the head (P).

1N: frontal connective, 2N: recurrent nerve, 3N: procurent nerve, FG: frontal ganglion, Br: brain.
A pair of the frontal connectives was cut anterior to the brain.

Fig.1 : Diagramme du ganglion frontal, du cerveau et de la région chirurgicale de la tête (P) chez la larve.

*1N : Conjonctif frontal, 2N : nerf récurrent, 3N : nerf procurent, FG : ganglion frontal, Br : cerveau.
La paire de conjonctifs frontaux a été coupée avant le cerveau.*

Electrophysiological methods:

Action potentials were recorded extracellularly from the nerve bundles, N1, N2 and N3 with a fine silver-wire electrode. Electrophysiological methods were essentially similar to those described in our previous reports (Ishikawa and Hirao, 1961; Yamaoka and Hirao, 1973; 1977). Impulses discharges were recorded in both cases of gut fulling and gut emptying after being starved during day 3.

RESULTS

Feces and body weight after lesion:

As shown in Fig. 2, the number of the feces reduced by lesions of left and right frontal connectives or recurrent nerve as compared with that of control. Similarly the lesions of the left and right frontal connectives or recurrent nerve also caused a dramatic influence for body weight gain (Fig. 3).

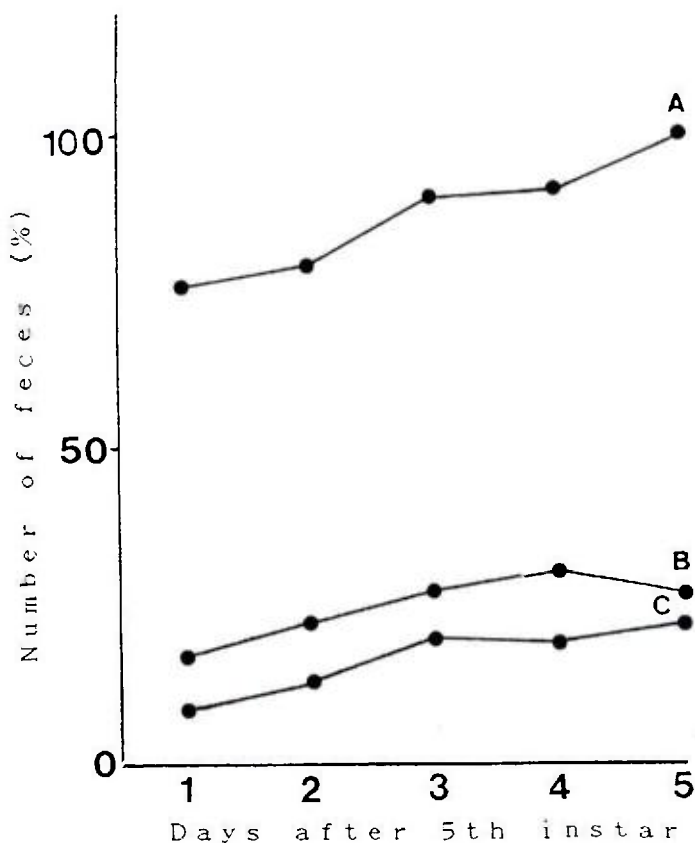


Fig. 2: The average number (relative ratio) of the feces of animals after lesions in the central nervous system.

A: The incisions but not lesions were made.

B: Lesion of a pair of the frontal connectives was made.

C: Lesion of the recurrent nerve was made.

Relative ratio is expressed as the number of the feces of 10 animals with each lesion to ten control animals.

Fig. 2 : Nombre moyen (taux relatif) des faeces d'animaux, après lésions du système nerveux central.

A : Avec incisions mais sans lésions.

B : Après lésion d'une paire de conjonctifs frontaux.

C : Après lésion du nerf récurrent.

Le taux relatif est exprimé comme le nombre de faeces de 10 animaux avec lésions, sur celui de dix animaux témoins.

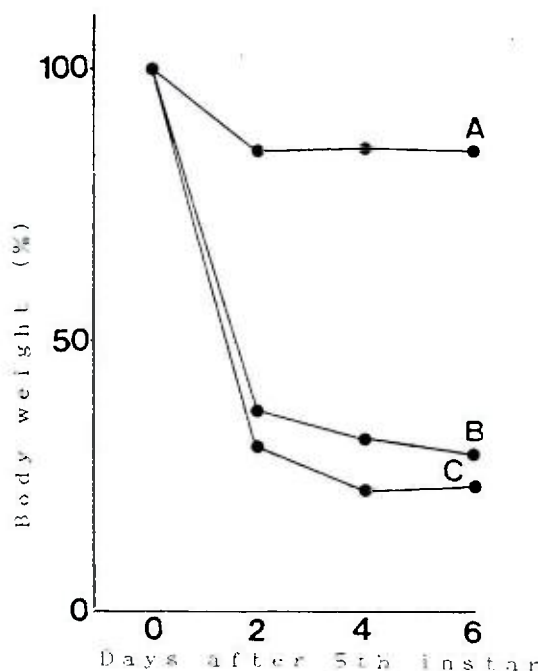


Fig. 3: Body weight (relative ratio) of animals after lesions in the central nervous system.

A: The incisions but not lesions were made.

B: Lesion of a pair of the frontal connectives was made.

C: Lesion of the recurrent nerve was made.

Relative ratio of body weight is calculated as follows; (body weight of 10 animals which lesions were made) / (body weight of 10 control animals) $\times$ 100.

Fig. 3 : Poids du corps (taux relatif) d'animaux après lésions dans le système nerveux central.

A : Avec incisions sans lésions.

B : Après lésion d'une paire de conjonctifs frontaux.

C : Après lésion du nerf récurrent.

Le taux relatif du poids du corps est calculé comme suit : (poids du corps de 10 animaux avec lésions / poids du corps de 10 animaux témoins) $\times$ 100.

Action potentials from the efferent nerves:

Impulse discharges of the efferent frontal connective from the frontal ganglion to the brain were recorded in both cases of gut fulling and gut emptying (Fig.4). Tonic impulse discharges of recurrent nerve were more active in the case of gut fulling than in the case of gut emptying.

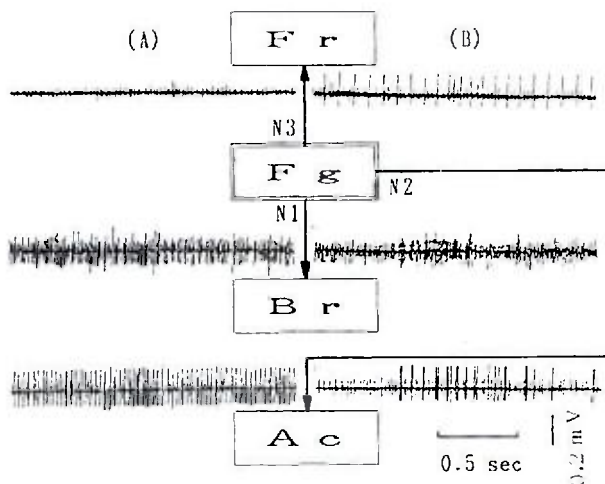


Fig. 4: Impulse discharges of efferent nerves from the frontal ganglion in the case of gut fulling or gut emptying.

FG: frontal ganglion, Fr: to frons, Br: brain, Ac: alimentary canal, N1: frontal connective, N2: recurrent nerve, N3: precurrent nerve

Stage of animals is day 5 for A and day 4 for B of the 5th instar larvae. A: gut fulling (mulberry leaves were administrated), B: gut emptying (starved for 24 hr during day 3).

Fig. 4 : Décharges d'impulsions des nerfs efférents du ganglion frontal dans le cas de remplissage ou de vidage de l'intestin.

FG : ganglion frontal, Fr : vers le front, Br : cerveau, Ac : canal alimentaire, N1 : Connectif frontal, N2 : nerf récurrent, N3 : nerf précurrent.

L'animal A est au 5ème jour et l'animal B au 4ème jour du 5ème âge larvaire. A : Remplissage de l'intestin (des feuilles de mûrier furent administrées), B : vidage de l'intestin (jeûne de 24 h au 3ème jour).

DISCUSSION

It was found that the information from the efferent nerve bundles of the frontal connective and recurrent nerve is very important for food ingestion. Such information exhibited as impulse discharges was obtained in the case of gut fulling or gut emptying. However, in the case of gut fulling, impulse discharges were more active for food ingestion than in the case of gut emptying.

Spontaneous impulse discharges of the frontal connective and recurrent nerve in the nerve bundles were from efferent nerves. Records of impulses from the afferent nerves from the brain to the frontal ganglion and from the alimentary canal to the frontal ganglion are not made. Therefore, it is necessary to monitor impulses from the afferent nerves in the case of crop fulling or crop emptying.

The frontal ganglion has been implicated in the regulation of the swallowing and the movement of food and water intake (Verret and Mills, 1976), crop emptying (Davey and Treherne, 1963) and feeding activity and growth (Hill *et al.*, 1966). In the present experiments, lesioning the frontal connectives and recurrent nerve rendered the insects incapable of feeding themselves, thereby the quantity of the feces reduced dramatically.

From these and other results we concluded that the frontal ganglion imposes an activation for food ingestion via its connections to the brain and the alimentary canal.

REFERENCES

- BELL R.A. (1984) Role of the frontal ganglion in lepidopterous insects. *In* Insect Neurochemistry and Neurophysiology, Eds. A.B.Borkovec, and T.J.Kelly, Plenum Press, New York, pp. 321-324.
- BLANEY W.M., SIMONDS M.S.J. (1987) Control of mouthparts by the suboesophageal ganglion. *In* Arthropod Brain: its Evolution, Development, Structure and Function, Ed.A.P.Gupta, Wiley New York, pp.303-322.
- DAVEY K.G., TREHERNE J.E. (1963) Studies on crop function in the cockroach (*Periplaneta americana* L.) I. The mechanism of crop emptying. *J.exp.Biol.*, 40,763-773.
- DOGRA G.S., EWEN A.B. (1971) Effects of severance of stomatogastric nerves on egg laying, feeding and the neuroendocrine system in *Melanophus sanguinipes*. *J. Insect Physiol.*, 17, 483-489.
- GRISS C., SIMPSON S.J., ROHRBACHER J. ROWELL C.H.F. (1991) Localization in the central nervous system of larval *Manduca sexta* (Lepidoptera:Sphingidae) of areas responsible for aspects of feeding behavior. *J. Insect Physiol.*, 37, 477-482.
- HILL L.O., MORDUE W., HIGHNAM K.C. (1966) The endocrine system, frontal ganglion and feeding during maturation in the female desert locust. *J.Insect Physiol.*, 12, 1197-1208.
- ISHIKAWA S., HIRAO T. (1961) Impulse discharges of the efferent and afferent nerves in the nerve bundles from the 9th ganglion in the female moth of the silkworm (*Bombyx mori*). *J.Sericult.Sci. Japan*, 30, 328-333.
- ROUSSEL J.P.(1966) Contribution à l'étude du rôle du ganglion frontal chez les insectes. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 91,370-391.
- VERRET J.M., MILLS R.R. (1976) Water balance during vitellogenesis by the American cockroach: effect of frontal ganglionectomy. *J.Insect Physiol.*, 22 , 251-257.
- YAMAOKA, K., HIRAO T. (1973) The relationship between oviposition and spontaneous discharges of motor neurons in *Bombyx mori*. *J.Insect Physiol.*, 19, 1277-1283.
- YAMAOKA K., HIRAO T. (1977) Stimulation of virginal oviposition by male factor and its effect on spontaneous nervous activity in *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.*, 23, 57-63.

LE ROLE DU SYSTEME NERVEUX CENTRAL DANS LE CONTROLE DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE LA LARVE DU VER A SOIE, *BOMBYX MORI*

T. HIRAO¹ ET T. SHIMISU^{2*}

1. The National Institute of Agrobiological Resources Kannondai, Tsukuba, Ibaraki, 305, Japon.

2. The National Institute of Sericulture and Insect Science 1 - 2 Ohwashi, Tsukuba,
Ibaraki 305, Japon.

L'ingestion de nourriture montre que la quantité des faeces et le gain de poids diminuent considérablement lorsque le nerf frontal connectif ou récurrent est dénervé par lésion. Ces faisceaux de nerfs efférents du ganglion frontal déchargent des impulsions lorsque l'intestin se remplit ou se vide. Ce résultat suggère que le ganglion frontal est la source ou le passage des décharges efférentes et qu'il impose une activation de l'ingestion d'aliments, par l'intermédiaire de ses connexions au cerveau et au canal alimentaire.

INTRODUCTION

Les substrats neuraux de l'alimentation des insectes n'ont pas encore été identifiés au sein du système nerveux central (Griss et coll., 1991). Le ganglion sous-oesophagien est responsable du contrôle de l'appareil buccal (Blaney et Simmonds, 1987), et joue un rôle important dans le comportement alimentaire (Griss et coll.). Par ailleurs, il a été noté que le ganglion frontal n'est pas absolument indispensable pour l'alimentation, d'après Bell (1984). Il est difficile de déterminer si le contrôle du comportement alimentaire est une fonction du ganglion sous-oesophagien ou si d'autres ganglions centraux sont aussi impliqués. C'est pour cette raison que nous avons examiné le rôle du système nerveux central dans le contrôle du comportement alimentaire chez la larve du ver à soie, *Bombyx mori*, à l'aide de méthodes électrophysiologiques et de lésions chirurgicales.

MATERIELS ET METHODES

Insectes :

La souche de *Bombyx mori* utilisée pour les expériences est un hybride entre les souches N 124 et C 124. Les larves ont été élevées avec des feuilles de mûrier fraîches. Ce sont des larves à leur cinquième âge qui ont été sujettes aux expériences en question.

Description des lésions :

Une fenêtre triangulaire a été découpée dans la cuticule frontale (P en Fig. 1) afin d'exposer le cerveau et le ganglion frontal. Le cerveau et le ganglion frontal sont restés intacts après avoir sectionné les nerfs 1N (nerfs droits et gauches), 2N ou 3N avec une pince fine. Dans le traitement témoin, aucune lésion ne fut effectuée sur le système nerveux central, seules les incisions dans la cuticule frontale fut effectuée. Une fois les lésions effectuées, les faeces et le poids du corps des larves ont été contrôlés pendant six jours.

* Present address: Zennba 380, Ischara, Kanagawa 259 -1106, Japon.

Les méthodes électrophysiologiques :

Les potentiels d'action ont été enregistrés à l'aide d'une fine électrode en argent, de manière extracellulaire à partir des faisceaux de nerfs N1, N2 et N3. Les méthodes électrophysiologiques étaient fondamentalement similaires à celles décrites dans nos rapports précédents (Ishikawa et Hirao, 1961) ; Yamaoka et Hirao, 1973 ; 1977). Les décharges d'impulsions furent enregistrées à la fois pendant le remplissage et le vidage de l'intestin après un jeûne d'une journée le troisième jour.

RESULTATS

Les faeces et le poids du corps après les lésions :

Comme le montre la Fig. 2, le nombre des faeces diminue, par rapport à celui des témoins, après que des lésions aient été effectuées sur les nerfs connectifs frontaux gauche et droit ou sur le nerf récurrent. De même, les lésions des nerfs connectifs frontaux gauche et droit ou du nerf récurrent ont également une influence dramatique sur le gain en poids du corps (Fig. 3).

Potentiels d'action à partir des nerfs efférents :

Les décharges d'impulsions du nerf frontal connectif efférent à partir du ganglion frontal jusqu'au cerveau, ont été enregistrées à la fois pendant le remplissage et le vidage de l'intestin (Fig. 4). Les décharges d'impulsions toniques du nerf récurrent étaient plus actives dans le cas du remplissage de l'intestin que dans le cas du vidage de l'intestin.

DISCUSSIONS

Il a été remarqué que l'information provenant des nerfs efférents du connectif frontal et du nerf récurrent était très importante pour l'ingestion de la nourriture. Cette information qui s'exprime sous forme de décharges d'impulsion est obtenue dans le cas du remplissage ou du vidage de l'intestin. Toutefois, pour l'ingestion de la nourriture, les décharges d'impulsions étaient plus actives lors du remplissage de l'intestin, que lors de son vidage.

Les décharges d'impulsions spontanées des nerfs connectifs frontaux et récurrent dans les faisceaux de nerfs, proviennent des nerfs efférents. Les enregistrements d'impulsions des nerfs afférents allant du cerveau au ganglion frontal et du canal alimentaire au ganglion frontal n'ont pas été effectués. C'est pourquoi il est nécessaire de contrôler les impulsions des nerfs afférents dans le cas du remplissage ou du vidage du gésier.

Le ganglion frontal est impliqué dans la régulation de l'avalement et du mouvement consécutif à la prise de nourriture et d'eau (Verret et Mills, 1976), du vidage du gésier (Davey et Treherne, 1963), de l'alimentation et de la croissance (Hill et coll., 1966). Dans nos expériences, la pratique de lésions sur les nerfs connectifs frontaux et récurrents rendent les insectes incapables de se nourrir par eux-mêmes, ce qui diminue dramatiquement la quantité des faeces.

A partir de ces résultats ainsi que d'autres, nous concluons qu'il est nécessaire que le ganglion frontal subisse une activation par l'intermédiaire de ses connexions au cerveau et au canal alimentaire, pour activer l'ingestion de nourriture.

HETEROSIS AMONG LINES SELECTED FOR PUPAL WEIGHT IN THE INTERLINE HYBRIDS OF THE SILKWORM *BOMBYX MORI* L.

K.L. RAJANNA & H.P. PUTTARAJU

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore - 560 056, Karnataka (India).

Crosses were made between high, medium, low and control lines of two strains of Bombyx mori L. i.e. bivoltine (NB18) and multivoltine (PM) after seven generations of selection in order to examine the effects of selection for pupal weight on heterosis for different quantitative traits. The investigation demonstrated that interline hybrids of NB18 registered positive heterosis in respect of pupal weight, larval weight, cocoon weight and shell weight. However, interline hybrids of pure Mysore pronounced negative heterosis for the said traits and also in respect of filament length, denier and fecundity. The heterosis for larval duration was in positive and negative direction in PM and NB18 interline hybrids respectively. Selection for pupal weight reduced the magnitude of heterosis for fitness components like the pupation rate and fecundity in both interline hybrids. Negative heterosis in denier showed a definite trend in interline hybrids of Pure Mysore.

INTRODUCTION

Heterosis in crosses among breeds, inbred and long isolated strains has been observed in most farm and laboratory animals (Falconer, 1981). The cause and the level of heterosis for a particular trait may vary between the crosses involving different lines of the same breed (Sheridan, 1981) and it is expected from the dominant model of heterosis that heterosis will increase as lines become more distinct genetically (Goldeck, 1974). If however, lines are very distant or locally adapted the heterosis may become less, presumably due to epistatic interaction (Falconer, 1981; Sheridan, 1981). The behaviour of hybrids of the interlines derived from the same population is informative as to understanding the gene action for the selected and unselected traits (Clayton *et al.*, 1957; Bhuvankumar *et al.*, 1985). Attempts have been made to evaluate the crossing effects in the lines of the silkworm selected for filament length and filament size (Suzuki and Maruyama, 1961), filament length and filament weight (Maruyama, 1984), filament length (Nagaraju, 1990) to show how the selection history of a population derived from the common genetic stock results in the manifestation of heterosis. The present study was carried out to elucidate the manifestation of heterosis in selected and unselected traits in the 3 lines of silkworm selected for pupal weight for seven generations.

MATERIALS AND METHODS

Interline matings of the high, medium, low and control lines of bivoltine (NB18) and multivoltine (Pure Mysore) strains were made among themselves after seven generations of selection for pupal weight and obtained 16 combinations each in both strains. Details of the crosses are shown in Fig. 1. These hybrids were reared in 3 replications along with their parents as per the standard technique (Krishnaswami, 1978) and data were recorded for larval weight, single cocoon weight, pupal weight, cocoon shell weight, pupation rate, larval duration, filament length, denier and fecundity. Heterosis

was estimated over mid parent value by using the following formula and tested for significance as per the standard statistical procedure

$$MPV = \frac{F1 - MPV}{MPV} \times 100$$

RESULTS AND DISCUSSION

Performance of the parents and their hybrids of NB18 and Pure Mysore are furnished in Table I and II respectively. The heterosis percentage over mid parental value for interline hybrids of NB18 and Pure Mysore is given in Table III and IV respectively. The heterosis was positive and significant among interline hybrids of NB18 in respect of pupal weight, larval weight, single cocoon weight, shell weight, pupation rate. However, in respect of denier four crosses i.e. L × H (12.219%), H × L (14.048%), C × L (17.270%) and M × C (9.892%) registered a significant positive heterosis. The significant positive heterosis observed in the above crosses for different traits is maybe due to a wider genetic distance between the selected lines. Genetic differences observed in the lines selected from the same base population as well as inbreeding depression and its recovery from the selected and unselected traits in the interline crosses corroborate the theoretical contention (Falconer, 1981) that subdivision of the base population through inbreeding results in lines with different genic values. Practical demonstrations have also come from poultry (Hagger, 1985) for selection of egg weight and bristle number in *Drosophila* (Robertson, 1960).

♂ ♂

		HIGH	MEDIUM	LOW	CONTROL
♀ ♀	HIGH	HH	HM	HL	HC
	MEDIUM	MH	MM	ML	MC
	LOW	LH	LM	LL	LC
	CONTROL	CH	CM	CL	CC

Fig. 1. Experimental design to show the interline crosses of NB18 or Pure Mysore (PM).

Fig. 1. Schéma expérimental pour montrer les croisements interlignées de NB18 ou Pure Mysore (PM).

Table I. Mean performance of parents and interline hybrids for different quantitative traits in NB18.*Tableau I. Performances moyennes par rapport à différents traits quantitatifs des parents et des hybrides interlinées chez NB18.*

	Larval weight	Single cocoon weight	Pupal weight	Cocoon shell weight	Pupation rate	Larval duration (days)	Filament length	Denier	Fecundity (no.)
	<i>Poids larvaire (g)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids pupal (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Taux de nymphose %</i>	<i>Durée larvaire (jours)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Titre</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>
Parents									
High (H) / <i>Elevée (H)</i>	3.512	1.321	1.073	0.248	69.60	28.750	758	2.21	436
Medium (M) / <i>Moyenne (M)</i>	3.170	1.146	0.922	0.223	29.07	28.417	705	2.15	394
Low (L) / <i>Faible (L)</i>	1.982	0.790	0.655	0.135	36.00	29.042	618	1.80	291
Control (C) / <i>Témoin (C)</i>	2.873	1.073	0.865	0.208	94.20	28.000	734	2.16	401
Interline hybrids / Hybrides interlinées									
* H×H	3.714	1.378	1.116	0.262	62.78	27.000	762	2.39	445
M×H	3.435	1.316	1.068	0.248	62.22	27.000	789	2.23	462
L×H	3.248	1.261	1.003	0.258	88.89	26.667	827	2.25	439
C×H	3.581	1.285	1.029	0.256	94.44	27.167	767	2.39	444
H×M	3.819	1.321	1.067	0.255	42.78	27.250	710	2.20	459
M×M	3.394	1.255	1.002	0.253	86.11	27.167	704	2.16	429
L×M	3.253	1.160	0.927	0.233	83.33	27.167	701	2.16	443
C×M	3.340	1.216	0.977	0.239	98.33	27.000	691	2.17	434
H×L	3.271	1.199	0.961	0.239	90.00	27.000	712	2.29	448
M×L	3.050	1.119	0.900	0.219	50.52	27.167	760	2.11	385
L×L	1.978	0.784	0.644	0.139	41.33	27.375	569	1.87	290
C×L	2.927	1.134	0.910	0.224	94.44	27.000	727	2.32	422
H×C	3.733	1.341	1.077	0.264	85.00	27.167	788	2.36	475
M×C	3.495	1.280	1.023	0.257	92.20	27.000	760	2.37	452
L×C	2.944	1.129	0.899	0.230	87.20	27.000	706	2.09	434
C×C	3.015	1.118	0.904	0.214	77.23	27.000	662	2.15	391

* The first letter in the cross denotes the female parent / *La première lettre dans le croisement représente le parent femelle.*

Table II. Mean performance of parents and interline hybrids for different quantitative traits in Pure Mysore.

Tableau II. Performances moyennes par rapport à différents traits quantitatifs des parents et des hybrides interlignées chez Pure Mysore.

	Larval weight	Single cocoon weight	Pupal weight	Cocoon shell weight	Pupation rate	Larval duration (days)	Filament length	Denier	Fecundity (no.)
	<i>Poids larvaire (g)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids pupal (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Taux de nymphose %</i>	<i>Durée larvaire (jours)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Titre</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>
Parents									
High (H) / <i>Elevée (H)</i>	2.062	0.972	0.837	0.135	89.57	31.958	412	2.37	448
Medium (M) / <i>Moyenne (M)</i>	1.872	0.835	0.722	0.113	95.20	31.792	355	2.16	469
Low (L) / <i>Faible (L)</i>	1.663	0.747	0.651	0.096	57.76	31.500	295	2.17	393
Control (C) / <i>Témoin (C)</i>	1.812	0.841	0.707	0.134	89.33	31.875	397	2.02	414
Interline hybrids / <i>Hybrides interlignées</i>									
* H × H	1.662	0.804	0.683	0.121	81.67	34.083	343	2.21	405
M × H	1.468	0.729	0.617	0.112	76.10	34.167	302	2.01	378
L × H	1.507	0.730	0.622	0.108	82.77	34.125	310	2.10	402
C × H	1.501	0.764	0.649	0.115	85.00	34.208	368	2.10	413
H × M	1.529	0.784	0.668	0.116	92.77	34.125	328	2.00	418
M × M	1.523	0.749	0.635	0.113	71.10	34.167	331	1.90	424
L × M	1.433	0.724	0.616	0.108	91.67	34.125	302	1.95	350
C × M	1.435	0.712	0.609	0.103	80.00	34.167	324	1.92	350
H × L	1.414	0.708	0.605	0.103	82.23	34.000	344	2.05	367
M × L	1.463	0.694	0.588	0.106	87.77	34.083	320	1.93	364
L × L	1.356	0.645	0.545	0.100	81.10	34.000	283	2.06	356
C × L	1.381	0.685	0.577	0.108	80.57	34.083	314	2.02	346
H × C	1.571	0.792	0.668	0.124	84.43	34.083	377	2.08	404
M × C	1.453	0.730	0.623	0.106	90.00	34.208	304	1.98	382
L × C	1.397	0.722	0.612	0.110	84.43	34.083	329	1.97	364
C × C	1.436	0.737	0.625	0.112	84.43	34.167	337	1.99	395

* The first letter in the cross denotes the female parent / *La première lettre dans le croisement représente le parent femelle.*

Table III. Percentage of heterosis over midparent in interline hybrids of NB18.

Tableau III. Pourcentage d'hétérosis par rapport au parent moyen chez les hybrides de lignées de NB18.

Crosses	Larval weight	Single cocoon weight	Pupal weight	Cocoon shell weight	Pupation rate	Larval duration (days)	Filament length	Denier	Fecundity (no.)
<i>Croisements</i>	<i>Poids larvinaire (g)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids pupal (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Taux de nymphose %</i>	<i>Durée larvaire (jours)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Titre</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>
# H × H	5.761**	4.340**	4.007*	5.645*	-9.799	-6.087**	0.528	7.982	1.980
M × H	2.819	7.372**	7.808**	5.008*	26.122**	-5.539**	7.955	2.293	11.379*
L × H	18.226**	21.984**	16.087**	34.375**	68.352**	-7.714**	20.233**	12.219*	20.636**
C × H	12.175**	7.351**	6.191**	12.280**	15.311**	-4.258**	2.816	9.451	6.133
H × M	14.313**	6.459**	6.913**	8.050**	-13.284	-4.665**	-2.849	0.917	10.599
M × M	7.067**	9.545**	8.677**	13.219**	196.250**	-4.399**	-0.142	0.465	8.916
L × M	26.276**	21.657**	17.490**	30.167**	156.137**	-5.439**	5.948	9.536	29.309**
C × M	10.564**	9.648**	9.284**	11.162**	59.540**	-4.284**	-3.870	0.464	10.052
H × L	19.087**	13.451**	11.226**	24.479**	70.455**	-6.561**	3.562	14.048**	23.305**
M × L	18.400**	15.999**	14.068**	22.346**	55.302**	-5.440**	13.673*	6.260	10.673
L × L	-0.151	-0.718	-1.705	3.090	14.806	-5.739**	-7.875	4.267	-0.298
C × L	20.571**	21.673**	19.737**	30.234**	45.069**	-5.332**	7.522	17.270**	21.957**
H × C	16.936**	12.030**	11.145**	15.789**	3.785	-4.258**	5.677	7.774	13.465*
M × C	15.695**	15.419**	14.429**	19.534**	49.594**	-4.284**	5.724	9.892*	13.778*
L × C	21.285**	21.137**	18.238**	33.720**	33.948**	-5.332**	4.513	5.476	25.533**
C × C	4.966*	4.193*	4.509*	2.885	-18.011**	-3.571**	-9.768	-0.309	-2.438

The first letter in the cross denotes the female parent / *La première lettre dans le croisement représente le parent femelle.*

* Significant at $P \leq 0.05$. / *Significatif à $P \leq 0,05$.* ** Significant at $P \leq 0.01$. / *Significatif à $P \leq 0,01$.*

Table IV. Percentage of heterosis over midparent in interline hybrids of Pure Mysore.

Tableau IV. Pourcentage d'hétérosis par rapport au parent moyen chez les hybrides de lignées de Pure Mysore.

Crosses	Larval weight	Single cocoon weight	Pupal weight	Cocoon shell weight	Pupation rate	Larval duration (days)	Filament length	Denier	Fecundity (no.)
<i>Croisements</i>	<i>Poids larvaire (g)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids pupal (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Taux de nymphose (%)</i>	<i>Durée larvaire (jours)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Titre</i>	<i>Fécondité (nbre)</i>
# H × H	-19.428**	-17.278**	-18.395**	-10.370**	-9.121**	6.649**	-16.761**	-6.620*	-9.549*
M × H	-25.369**	-18.729**	-20.207**	-9.556**	-17.759**	7.190**	-21.217**	-11.127**	-17.574**
L × H	-19.084**	-14.168**	-16.397**	-6.358*	12.123**	7.551**	-12.317**	-7.206*	-4.331
C × H	-22.509**	-15.723**	-15.747**	-14.179**	-5.134*	7.180**	-9.068*	-4.480	-4.148
H × M	-22.284**	-13.883**	-14.358**	-6.577*	0.252	7.059**	-14.522**	-11.275**	-8.652*
M × M	-18.646**	-10.304**	-11.943**	0.147	-25.315**	7.471**	-6.667	-12.056**	-9.425*
L × M	-18.925**	-8.141**	-9.898**	2.777	-19.861**	7.384**	-7.132	-9.946**	-18.790**
C × M	-22.081**	-15.640**	-15.342**	-17.356**	-13.295**	7.330**	-13.741**	-8.134*	-20.613**
H × L	-24.112**	-17.579**	-18.683**	-11.207**	11.392**	7.157**	-2.596	-9.412**	-12.605**
M × L	-16.516**	-12.263**	-14.410**	0.952	14.762**	7.657**	-1.538	-10.925**	-15.220**
L × L	-18.477**	-13.725**	-16.377**	4.514	40.408**	7.937**	-4.067	-4.923	-9.409
C × L	-20.499**	-14.775**	-15.022**	-6.086	9.559**	7.561**	-9.205*	-3.739	-14.319**
H × C	-18.895**	-12.613**	-13.578**	-7.463**	-5.766*	6.789**	-6.760	-5.087	-6.105
M × C	-21.122**	-12.232**	-12.083**	-14.516**	-2.457	7.461**	-19.060**	-5.263	-13.438**
L × C	-19.578**	-9.068**	-9.867**	-4.347	14.808**	7.561**	-4.771	-5.967	-9.700
C × C	-20.736**	-12.354**	-11.627**	-16.417**	-5.485*	7.190**	-15.029**	-1.647	-4.509

The first letter in the cross denotes the female parent / La première lettre dans le croisement représente le parent femelle.

* Significant at $P \leq 0.05$. / Significatif à $P \leq 0.05$. ** Significant at $P \leq 0.01$. / Significatif à $P \leq 0.01$.

Table V. Estimates of heterosis (MPV) averaged over male and female components in the interline crosses of NB₁₈ and PM.

Tableau V. Estimations de l'hétérosis (MPV) moyenne par rapport aux composants mâles et femelles dans les croisements interlignées de NB₁₈ et PM.

		LW	SCW	PW	SW	PR	LD	FL	D	FEC
NB₁₈										
Male	High / Elevée	9.745	10.261	8.523	14.327	24.997	-5.900	7.883	7.968	10.032
Mâle	Medium	14.555	11.827	10.591	15.649	99.661	-4.696	-0.228	2.845	14.719
	Moyenne									
	Low / Faible	14.476	12.601	10.831	20.037	46.408	-5.768	4.220	10.461	13.909
	Control / Témoin	14.721	13.195	12.080	17.982	17.329	-4.361	1.537	5.708	12.584
Female										
Femelle	High / Elevée	14.024	9.070	8.322	13.491	12.789	-5.393	1.729	7.680	12.337
	Medium	10.995	12.083	11.245	15.026	81.817	-4.915	6.803	4.727	11.187
	Moyenne									
	Low / Faible	16.409	16.015	12.527	25.338	68.311	-6.056	5.705	7.875	18.795
	Control / Témoin	12.069	10.716	9.930	14.140	25.477	-4.361	-0.825	6.719	8.926
PM										
Male	High / Elevée	-21.597	-16.474	-17.686	-10.115	-4.972	7.142	-14.841	-7.358	-8.900
Mâle	Medium	-20.484	-11.992	-12.885	-5.252	-14.555	7.423	-10.515	-10.353	-14.370
	Moyenne									
	Low / Faible	-19.901	-14.315	-16.123	-2.956	19.030	7.578	-4.351	-7.250	-12.888
	Control / Témoin	-20.083	-11.566	-11.788	-10.685	0.275	7.250	-11.405	-4.491	-8.438
Female										
Femelle	High / Elevée	-21.180	-15.338	-16.253	-8.904	-0.813	6.913	-10.160	-8.098	-9.228
	Medium /	-20.413	-14.276	-14.660	-5.742	-7.692	7.444	-12.120	-9.843	-13.914
	Moyenne									
	Low / Faible	-19.016	-11.267	-13.134	-0.853	11.869	7.721	-7.071	-7.010	-10.558
	Control / Témoin	-21.456	-14.360	-14.434	-13.509	-3.589	7.315	-11.761	-4.500	-10.897

LW - Larval weight (g) / Poids larvaire (g) **SCW**- Single cocoon weight (g) / Poids individuel du cocon (g). **PW**- Pupal weight (g) / Poids pupal (g). **SW**- Cocoon shell weight (g) / Poids de la coque (g). **PR** - Pupation rate (%) / Taux de nymphose (%). **LD**- Larval duration (days) / Durée larvaire (jours). **FL**- Filament length (m) / Longueur du filament (m). **D**- Denier / Titre. **FEC**- Fecundity (no.) / Fécondité (nombre).

Among interline hybrids of Pure Mysore, the heterosis was negative and significant in respect of pupal weight, larval weight, single cocoon weight, shell weight, filament length, denier and fecundity. Lack of heterosis in the selected and unselected traits is probably due to a close relationship of all the pairs of different genotypes involved which are developed exclusively from Pure Mysore through selection. Falconer (1981) reported that there is no heterosis if the population crossed does not differ in their gene frequency. These results also indicate that the correlated changes brought about by

in their gene frequency. These results also indicate that the correlated changes brought about by artificial selection had not been fixed and natural selection may be still effective in changing the gene frequency to their original nature.

The unselected traits such as filament length of NB18 and pupation rate in Pure Mysore registered a variation in the degree of heterosis depending upon the gene frequencies of the pairs involved. The cause and level of heterosis for a particular trait may vary between the crosses involving different lines of the same breed as opined by Sheridan (1981). Heterosis in respect of pupation rate did not reveal any specific trend either in NB18 or in Pure Mysore. However, significantly positive heterosis was recorded in 11 crosses of NB18 and 6 crosses of Pure Mysore. These observations suggest that selection of pupal weight has reduced the fitness characters. Wright (1977) opined that in the hybrids of inbred lines, heterosis is largely due to the recovery from inbreeding depression which is particularly known to affect the fitness traits like the pupation rate. Falconer (1981) has reported that the population widely differentiated through adaptations to local conditions may fail to show heterosis and suffer with a reduction of fitness. A similar explanation may also be extended to fecundity, another fitness component which registered a decline in the interline hybrids of Pure Mysore. However, selection of pupal weight found to partially affect the heterosis for fecundity in NB18 since significantly positive heterosis was pronounced in 8 crosses.

The significant heterosis in positive and negative direction observed for larval duration in PM and NB18 is presumably due to the fixation of the allele for this trait in different interline hybrids. However, it is interesting to note that Pure Mysore and NB18 strains behaved diametrically opposite in respect of larval duration. A completely plausible explanation is difficult to find unless a separate investigation on this aspect is taken up. Selection of pupal weight did not show its impact markedly on larval duration as the magnitude of heterosis did not vary considerably between selection lines.

ACKNOWLEDGEMENTS

One of the authors (KLR) is thankful to Shri B.P. Nair, Assistant Director (Statistics) and Dr J. Nagaraju, Deputy Director of the Central Silk Board, Bangalore for their valuable suggestions during the execution of the work.

REFERENCES

- BHUVANKUMAR C.K., LYNCH C.B., ROBERTS R.C., HILL W.G. (1985) Heterosis among lines of mice selected for body weight 1. Growth Theor. Appl. Genet. 71: 44-51.
- BHUVANKUMAR C.K., LYNCH C.B., ROBERTS R.C., HILL W.G. (1985) Heterosis among lines of mice selected for body weight 2. Reproduction Thero Appl. Genet. 71: 52-56.
- CLAYTON G.A., KNIGHT G.R., MORRIS J.A., ROBERTSON A. (1957) An experimental check on quantitative genetic theory. III. Correlated responses. J. Genet. 203: 171-180.
- CLAYTON G.A., KNIGHT G.R., MORRIS J.A., ROBERTSON A. (1957) An experimental check on quantitative genetic theory. I. Short term responses to selection J. Genet. 203: 152-170.
- FALCONER D.A., (1981) Introduction to quantitative genetics second edition, Longman, London.
- GOLDEK P. (1974) Specific problems of breed evaluation and crossing in pigs. In. proc. working Symp. Breed Eval. Crossing Expts Research Institute for animal husbandry 'Schornoord' Zeist. pp. 217-236.
- HAGGER C. (1985) Line and crossing effects in a diallel mating system with highly inbred lines of white leghorn chickens. Thero. Appl. Genet. 70: 555-560.
- KRISHNASWAMI S. (1978) New technology of silkworm rearing. CSR&TI; Bulletin No. 2 Central Silk Board, India, pp. 1-23.
- MARUYAMMA T. (1984) Breeding of silkworm races 010 and 610 having more filament weight and filament length. Tech. Bull. Seric. Expt. Stn. 119: 53-70.
- NAGARAJU J. (1990) Studies on some genetic aspects of quantitative characters in tropical silkworm *Bombyx mori* L., Ph. D., Thesis, Mysore University, India.

- ROBERTSON A., (1960) A theory of limits in artificial selection. Proc., Roy. Soc. London Se. B. 153: 234-249.
- SHERIDAN A.K. (1981) Cross breeding and heterosis. Anim. Breed. Abst. 49: 131-144.
- SUZUKI K., MARUYAMA K. (1961) Yasan in okeru sanshiho oyobi sanshi sendo noiden (Inheritance of cocoon filament length and cocoon filament size in *Bombyx mori*) Sansi Kenkyn 37: 114-118.
- WRIGHT S. (1977) Evolution and the genetics of populations. Experimental results and evolutionary deductions, Chicago and London the University of Chicago Press, ISB no. 226-91051-2.3, p 613

HETEROSIS PARMI LES LIGNEES SELECTIONNEES POUR LE POIDS DE LA CHRYSALIDE CHEZ LES HYBRIDES INTERLIGNEES DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

K.L. RAJANNA & H.P. PUTTARAJU

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore - 560 056, Karnataka (Inde).

*Des croisements ont été effectués entre des lignées témoins faibles, moyennes et supérieures, provenant de deux souches de *Bombyx mori* L., en l'occurrence la bivoltine (NB₁₈) et la multivoltine (PM), après une sélection sur sept générations, afin d'examiner les effets de la sélection sur le poids de la chrysalide sur l'hétérosis de différents traits quantitatifs. L'investigation a démontré que les hybrides interlignées de NB₁₈ expriment une hétérosis positive en ce qui concerne le poids de la chrysalide et les poids de la larve, du cocon et de la coque. Les croisements interlignées de Pure Mysore, expriment une hétérosis négative pour les traits mentionnés ci-dessus, mais aussi pour la longueur de la bave de soie, le titre et la fécondité. L'hétérosis pour la durée de la période larvaire était positive et négative chez les hybrides interlignées PM et NB₁₈, respectivement. La sélection pour le poids de la chrysalide réduit l'ampleur de l'hétérosis pour les composants de santé, tels que le taux de nymphose et la fécondité chez les deux types d'hybrides. L'hétérosis négative pour le titre est une tendance manifeste chez les croisements interlignées de Pure Mysore.*

INTRODUCTION

L'hétérosis dans les croisements entre les races, les espèces consanguines et les lignées isolées depuis longtemps, a été observée chez la plupart des animaux de ferme et de laboratoire (Falconer, 1981). L'origine et le degré d'hétérosis d'un caractère particulier peuvent varier selon les croisements comprenant des lignées différentes d'une même espèce (Sheridan, 1981) et il est attendu qu'à partir du modèle dominant de l'hétérosis, celle-ci augmente lorsque les lignées deviennent génétiquement plus distinctes (Goldek, 1974). Cependant, si les lignées sont très distantes ou adaptées localement, l'hétérosis peut diminuer, vraisemblablement dû à une interaction épistatique (Falconer, 1981 ; Sheridan, 1981). Le comportement des hybrides entre lignées dérivées de la même population, nous renseigne sur l'action des gènes sur les traits sélectionnés ou non sélectionnés (Clayton et coll., 1957 ; Bhuvankumar et coll., 1985). Il a été tenté d'évaluer les conséquences des croisements avec des lignées de vers à soie sélectionnées pour la longueur et le titre de la bave de soie (Suzuki et Maruyama, 1961), pour la longueur et le poids de la bave de soie (Maruyama, 1984), pour la longueur de la bave de soie (Nagaraju, 1990), afin de démontrer comment la chronologie de la sélection d'une population provenant d'une même souche génétique aboutit à la manifestation de l'hétérosis. Notre étude a été entreprise dans le but de déterminer la manifestation de l'hétérosis des caractères sélectionnés ou non sélectionnés, chez 3 lignées de vers à soie sélectionnées pour le poids de la chrysalide pendant sept générations.

MATERIELS ET METHODES

Des accouplements entre des lignées témoins, faibles, moyennes et supérieures, de souches bivoltine (NB₁₈) et multivoltine (Mysore pure) ont été pratiqués après une sélection sur sept

génération pour le poids de la chrysalide et on a obtenu 16 combinaisons, pour chacune des lignées. Les détails des croisements répétés trois fois, sont décrits en Fig. 1. Les hybrides ainsi que leurs parents, ont été élevés selon la méthode traditionnelle (Krishnaswami, 1978) et des informations ont été recueillies en ce qui concerne le poids larvaire, le poids du cocon, de la chrysalide et de la coque, la durée de la nymphose et du stade larvaire, la longueur de la bave de soie, le titre et la fécondité. L'hétérosis a été estimée par rapport à la valeur médiane des parents, en utilisant la formule suivante et testée pour sa signification selon la procédure statistique ordinaire :

$$MPV = \frac{F1 - MPV}{MPV} \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les performances des parents et des hybrides de NB18 et de Pure Mysore sont fournis dans le Tableau II. Les pourcentages d'hétérosis par rapport à la valeur médiane des parents chez les hybrides interlignés de NB18 et Pure Mysore sont donnés en Tableau III et IV respectivement. L'hétérosis est positive et significative chez les hybrides interlignés de NB18 en ce qui concerne le poids de la chrysalide, de la larve, du cocon et de la coque ainsi que le taux de nymphose. En ce qui concerne le titre pour quatre croisements, en l'occurrence $L \times H$ (12,219 %), $H \times L$ (14,048 %), $C \times L$ (17,270 %) et $M \times C$ (9,892 %) on observe de façon significative, une hétérosis positive. L'hétérosis pour les différents caractères, (ci-dessus mentionnée) pourrait être due à une distance génétique plus importante entre les lignées sélectionnées. Chez des lignées sélectionnées à partir de la même population de base, des différences génétiques, la dépression consanguine, puis sa récupération à partir des traits sélectionnés et non sélectionnés chez les croisements interlignés, ont été observés ; ceci corrobore l'affirmation théorique, selon laquelle la subdivision de la population de base par accouplements consanguins aboutit à des lignées comportant des valeurs génétiques différentes. Des observations analogues ont été notées chez des volailles (Hagger, 1985) dans la sélection du poids des oeufs et chez la *Drosophile*, dans la sélection du nombre des poils (Robertson, 1960).

Parmi les hybrides interlignés de Pure Mysore, l'hétérosis est négative et significative en ce qui concerne le poids de la chrysalide, de la larve, du cocon et de la coque, la longueur de la bave de soie, le titre et la fécondité. Le manque d'hétérosis pour les traits sélectionnés et non sélectionnés est probablement dû à une relation très étroite pour toutes les paires des différents génotypes concernés qui sont développés exclusivement à partir de Pure Mysore par la sélection. Falconer (1981) rapporta qu'il n'y a pas d'hétérosis si la population croisée ne diffère pas au niveau de la fréquence des gènes. Ces résultats indiquent également que les changements correspondants, provoqués par sélection artificielle ne se fixaient pas et que la sélection naturelle pouvait encore être efficace dans le changement de la fréquence des gènes pour la maintenir à l'état originel.

Les traits non sélectionnés tels que la longueur de la bave de soie du NB18 et le taux de nymphose chez Pure Mysore, montrent une variation dans le degré de l'hétérosis selon les fréquences génétiques des paires concernées. L'origine et le niveau d'hétérosis d'un trait particulier peut varier entre les croisements comprenant des lignées différentes de la même espèce, d'après Sheridan (1981). L'hétérosis du taux de nymphose ne révèle aucune tendance spécifique, que ce soit chez NB18 ou chez Pure Mysore. Cependant, une hétérosis positive fut enregistrée chez 11 croisements de NB18 et 6 de Pure Mysore. Ces observations suggèrent que la sélection du poids de la chrysalide a réduit les caractères de santé. Wright (1977) émit l'avis, que chez les hybrides de lignées consanguines, l'hétérosis est largement dû à la récupération de la dépression consanguine ; phénomène connu pour affecter particulièrement les caractéristiques de santé comme le taux de nymphose. Falconer (1981) rapporta qu'une population très disparate selon son adaptabilité aux conditions locales, pouvait ne pas montrer d'hétérosis et souffrir d'un appauvrissement de son état de santé. Une explication similaire peut être étendue à la fécondité, un des composants de la santé, qui se manifeste par un déclin parmi les croisements interlignés chez Pure Mysore. Cependant, la sélection du poids de la chrysalide,

affecte l'hétérosis pour la fécondité chez NB₁₈ de façon partielle, puisque une hétérosis positivement significative est observée chez huit croisements.

Qu'elle soit positive ou négative, l'hétérosis observée pour la durée larvaire chez PM et NB₁₈, est probablement due à la fixation de l'allèle pour ce trait chez des croisements interlignés différents. Cependant, il est intéressant de noter que des lignées de Pure Mysore et de NB₁₈ se comportent de manière diamétralement opposée pour la durée de la période larvaire. Il est difficile de trouver une explication plausible, il faudrait pour cela, entreprendre des recherches dans cette direction. La sélection du poids de la chrysalide n'a pas d'impact particulier sur la durée larvaire car l'importance de l'hétérosis ne varie pas de manière considérable entre les lignées sélectionnées.

EFFICIENCY OF FOOD UTILIZATION BY THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE) FED ON ARTIFICIAL DIETS*

J.E. MIRANDA** & R. TAKAHASHI***

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP, Rodovia Carlos Tonanni km5, 14870-000 Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

The efficiency of food utilization was determined on silkworm (*Bombyx mori* L.) fed on artificial diets during the 5th instar, in order to serve as choice to rearing strains of *B. mori* with mulberry leaves in Brazil. The experiment was carried out in the Section of Sericulture of the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, Brazil. The diet I (proposed by Hamamura, 1975) provided the highest relative consumption rate (1.608 mg/mg/day) ($P < 0.01$); the highest relative metabolic rate (0.946 mg/mg/day) ($P < 0.05$); and approximate digestibility (58.62%) that it was similar to those of the diet IV ($P > 0.05$) and superior to those of the others diets ($P < 0.01$). The diet II (proposed by Matsubara et al., 1989) provided the highest efficiency of conversion of ingested food (15.97%) and digested food (33.36%) ($P < 0.01$).

Keywords: Silkworm, *B. mori*, efficiency of food utilization, artificial diet.

INTRODUCTION

The amount and quality of the food ingested in the larval phase affect the growth rate, the developmental period, body weight, and survival rate, as well as influence the fecundity, longevity, movement and capacity of competition (Parra, 1991). Several studies on nutritional ecology development of *Bombyx mori* in India and Japan revealed that food consumption, digestion and food assimilation influence directly the cocoon production (Naik & Delvi, 1987).

The silkworm, *Bombyx mori* L., being a highly specialized phytophagous insect, consumes only mulberry leaves, and the consumption depends on the digestibility and efficiency of which the digested food is transformed into body substance. Quantitative measurements of the efficiency of food utilization indices (relative consumption rate, relative metabolic rate, efficiency of the conversion of the food in corporal substance and approximated digestibility) are used in the search for understanding the alimentary and nutritional behaviour of the insect.

In the context of present understanding, this study was carried out to analyse, through the gravimetric method, the efficiency of food utilization by *B. mori* fed on four artificial diets, in order to determine an adequate artificial diet to the strains used in Brazil.

* Part of the Master's thesis of the first author, who received fellowships from FAPESP and CAPES.

** Agronomist, holder of a Master's degree in Animal Production, FCAV-UNESP.

*** Professor Doctor, DZNR FCAV-UNESP.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried out in the Section of Sericulture of the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Brazil.

Commercial hybrids C115 x N108 of *B. mori* were reared till the 4th day of the 4th instar fed on mulberry leaves. Then, 30 larvae were distributed into paper trays sized 15 x 25 x 4cm and maintained at 25°C and 70-75%RH, arranged in five treatments with four formulations of artificial diets (Table I). The remaining period of 4th instar was considered as adaptation phase to new food.

Fresh diets of known weight were supplied daily at the 5th instar to the larvae to determine the effects of artificial diets on efficiency of food utilization by the insects. The larvae, faeces and uneaten food were weighed daily till the end of the instar. The dry weight was calculated by aliquots dried in stove at 65°C for 72 hours. The values were divided by number of larvae for obtaining a different value for larva.

Table I. Composition of four artificial diets for silkworm, *Bombyx mori* L.

Tableau I. Composition de quatre aliments artificiels pour le ver à soie, *Bombyx mori* L.

Ingredient	Composition (%)			
	Diet I* <i>Aliment I*</i>	Diet II** <i>Aliment II**</i>	Diet III*** <i>Aliment III***</i>	Diet IV**** <i>Aliment IV****</i>
Dry mulberry leaf powder / <i>Poudre de feuille de mûrier desséchée</i>	38.0	32.5	37.0	50.0
Defatted soybean powder / <i>Poudre de soja dégraissée</i>	34.0	45.0	38.5	25.0
Corn powder / <i>Poudre de maïs</i>		12.0	12.0	
Corn dextrin / <i>Dextrine de maïs</i>	8.0			
Corn starch / <i>Amidon de maïs</i>				6.0
Sucrose / <i>Saccharose</i>	8.0			4.0
Soybean oil / <i>Huile de soja</i>	2.0	2.0	2.0	2.0
Citric acid / <i>Acide citrique</i>	4.0		2.0	4.0
Sorbic acid / <i>Acide sorbique</i>		0.4	0.4	0.3
Propionic acid / <i>Acide propionique</i>	0.6			0.5
Choline chloride / <i>Chlorure de choline</i>	0.2	0.2	0.2	0.2
Ascorbic acid / <i>Acide ascorbique</i>	1.0	1.7	1.7	1.0
Vitamin B mixture / <i>Mélange de vitamine B</i>	0.5	1.5	1.5	0.4
Wesson's salt mixture / <i>Mélange de sel de Wesson</i>	3.0	3.0	3.0	4.0

* Adapted of Hamamura (1975) / *D'après Hamamura (1975)*; ** Adapted of Matsubara et al. (1989) / *D'après Matsubara et al. (1989)*; *** Adapted of Chen et al. (1992) / *D'après Chen et al. (1992)*; **** Adapted of Roychoudhury et al. (1994) / *D'après Roychoudhury et al. (1994)*.

The relative consumption rate (RCR), relative metabolic rate (RMR), relative growth rate (RGR), efficiency of conversion of ingested food in body substance (ECI), efficiency of conversion of digested food in body substance (ECD) and approximate digestibility (AD) were defined in agreement with Scriber & Slansky Jr. (1981).

A statistical analysis of data was performed using a randomized block design and the analysis of variance was made by Statistical Analysis System (SAS).

RESULTS AND DISCUSSION

Effects of artificial diets on survival of larvae of *B. mori*:

The larvae fed with four different diets presented a survival rate varying on average from 62.05 to 73.69%, even so without presenting significant differences to each other. It was just observed a tendency of a higher survival rate on diet I than obtained by other diets. In the same way, the total dry weight of surviving larvae didn't denote significant differences among larvae fed with different artificial diets (Table II).

Table II. Effects of artificial diets on survival of larvae of *B. mori*.

Tableau II. Effets des aliments artificiels sur la survie des larves de B. mori.

Diet	Survival percentage	Total dry weight of surviving larvae (mg)
<i>Milieu</i>	<i>Pourcentage de survie</i>	<i>Poids sec total des larves survivantes (mg)</i>
I	73.69 ± 12.01 ^a	227.79 ± 32.24 ^a
II	62.05 ± 13.90 ^a	202.64 ± 19.88 ^a
III	65.53 ± 9.93 ^a	226.95 ± 22.34 ^a
IV	61.77 ± 11.07 ^a	221.70 ± 12.59 ^a

Weight gain, diet ingested and faeces excreted by silkworm larvae:

The food consumption, as well as weight gain and dry weight of excreted feces, increased with age of insect, as expected. In the average of 5th instar, the weight gain of larvae didn't differ among diets. However, the dry weight of ingested diet and of excreted faeces were larger in diet I comparatively to diet II (Table III).

Table III. Total dry weight of weight gain (mg/larva), diet ingested and faeces excreted by 5th instar larvae of *B. mori* fed on artificial diets.

Tableau III. Poids sec total, gain de poids (mg/larves), aliment ingéré et matières fécales excrétées chez les larves de B. mori au 5ème âge nourries sur aliments artificiels.

Diet /Milieu	Total dry weight (mg/larva) / Poids sec total (mg/larves)		
	Weight gain Gain de poids	Diet ingested Milieu ingéré	Faeces excreted Matières fécales excrétées
I	35.54 ± 2.24 ^a	366.29 ± 45.99 ^a	134.61 ± 12.32 ^a
II	30.80 ± 3.98 ^a	209.53 ± 18.02 ^b	102.98 ± 9.46 ^b
III	32.13 ± 2.38 ^a	270.29 ± 28.28 ^{ab}	128.64 ± 15.54 ^{ab}
IV	33.48 ± 3.95 ^a	285.54 ± 23.76 ^{ab}	129.62 ± 7.70 ^{ab}

Relative Consumption Rate (RCR):

In the daily fluctuations of RCR, larvae fed on diet I showed relative growth rates increasing from 1st to 5th day, and the values tended to fall until the end of the instar (Fig. 1). The larvae that received diets II, III and IV obtained values of RCR oscillating during the period observed. According to Seriber & Slansky Jr. (1981), RCR calculated on daily base, tends to reach a peak before or close in half of the instar, trend observed in this study.

The daily fluctuation of RCR in diet IV was more accentuated than other diets. This perhaps can be explained by a more active stimulating effect in this diet in function of the largest proportion of mulberry powder in its composition. However, this ingredient in larger amount doesn't determine, itself, a larger nutritional quality to diet. Thus, in the subsequent day it was observed a compensation behavior, decreasing the value of RCR, that is to say, the amount of ingested food in function of corporal mass of the insect.

The diet I presented superior RCR ($P < 0.01$) when compared to diets II, III and IV (Table III). This average confirms the tendency observed in daily fluctuation of RCR (Fig. 1), denoting that diet I seems to have a better nutritional quality than other diets, which favors its ingestion for larvae.

Wu *et al.* (1996) affirmed that a better adaptation to the food for silkworm larvae happens when the diet presents a high content of mulberry powder, which was not verified by this present work, where diet I presented 38% of mulberry powder in its composition, and diet IV (smaller consumption by larvae) presented 50%.

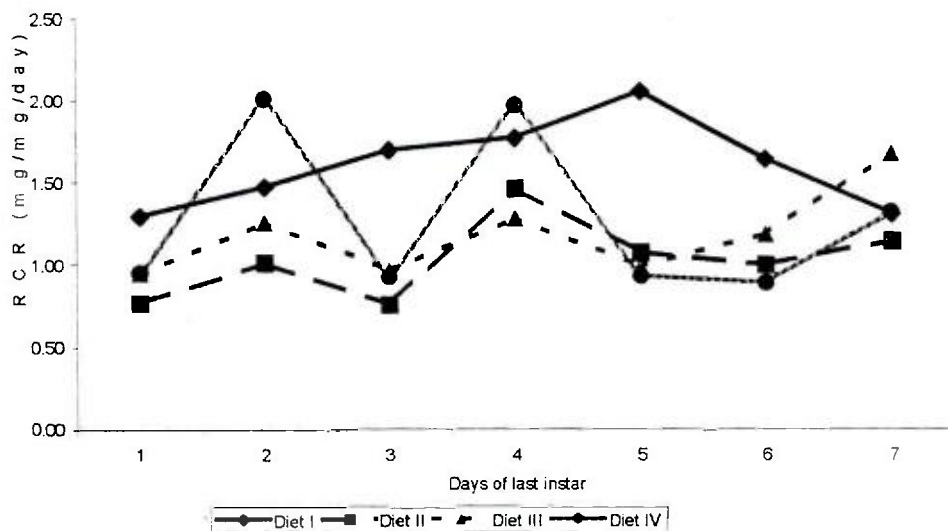


Fig. 1. Daily fluctuations of RCR during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.

Fig. 1. Fluctuations quotidiennes du RCR pendant le dernier âge des larves de B. mori nourries sur différents aliments artificiels.

Relative Metabolic Rate (RMR):

It was observed oscillations in daily fluctuations among the values of RMR (Fig. 2). Those ones could be explained by the capacity of compensation of larvae from one day to the next, *i.e.*, a high spending of energy replacing a low spending happened in previous day, and vice versa (Scriber & Slansky Jr., 1981). Crócomo & Parra (1985) also observed these oscillations when they worked with three food sources (corn, wheat and sorghum) to *Spodoptera frugiperda*. Larvae fed on diet I presented superior values compared to ones obtained by larvae of other treatments on 3rd, 5th and 6th day, and presented values without significant difference ($P > 0,05$) when compared to other treatments on 1st, 2nd and 4th day.

Likely for RCR, the daily fluctuation of RMR in diet IV was more accentuated than other diets, the same interpretation mentioned in the previous item fitting here.

The occurrence of high values of RMR means that a larger consumption of energy is requested for the conversion of the food in corporal substance, fact more noticeable in larvae fed on diet I.

The larvae fed on diet I reached the highest value of RMR ($P < 0,05$) superior to ones obtained by larvae fed on other diets, suggesting that diet I was used by insects in a larger amount for conversion in metabolic energy (Table III).

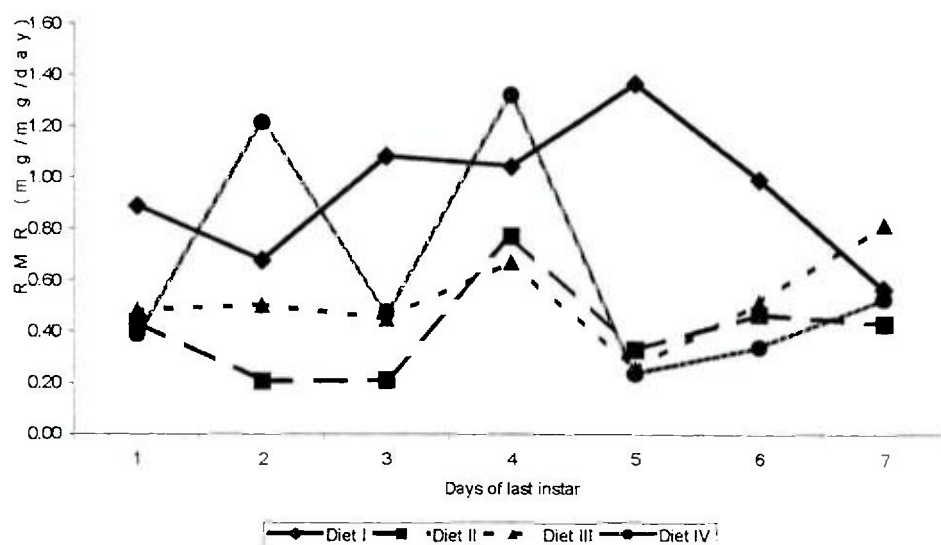


Fig. 2. Daily fluctuations of RMR during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.

Fig. 2. Fluctuations quotidiennes du RMR pendant le dernier âge des larves de *B. mori* nourries sur différents aliments artificiels.

Relative Growth Rate (RGR):

The daily fluctuations values presented by larvae fed on different artificial diets didn't differ to each others until 4th day; on 5th day diet I propitiated superior ($P < 0,01$) value to diet IV; on 6th day diet I propitiated superior ($P < 0,01$) value to others artificial diets; on 7th day diets I and II propitiated superior ($P < 0,01$) values of RGR to other treatments (Fig. 3).

However, analysing the total period of the 5th instar, no significant difference ($P > 0,05$) was observed for RGR on the different diets, demonstrating a homeostasis process where the larvae intend to compensate periods of ingestion of low quantity of the food by subsequent higher consumption (Table III).

Efficiency of Conversion of Ingested Food to Body Substance (ECI):

Small oscillations in daily fluctuations of ECI were verified with a considerable increase on last day, which can be related to largest amount of faeces occurred due to elimination of whole alimentary residue (Fig. 4). The larvae fed on diet II presented superior values ($P < 0,01$) to other diets, indicating a more efficient food utilization, consuming smaller amount of food to reach its ideal weight.

Efficiency of Conversion of Digested Food to Body Substance (ECD):

Constant oscillations among daily fluctuation values were observed (Fig. 5). Larvae fed on diet I presented relatively low values, except on 4th and 7th days. The larvae fed on diet II presented daily values of ECD relatively high in the beginning of the period, with a fall tendency on 6th day, arising again on the last day. The larvae that received diets III and IV presented frequent oscillations through

the instar. The considerable increase in ECD on last day may be related with the largest amount of faeces occurred on this day, probably due to preparation of larvae for the pupation, through elimination of whole alimentary residue.

The larvae fed on diet II obtained values of ECD superior ($P < 0,05$) to those obtained by larvae fed on other diets (Table III).

According to Soo Hoo & Fraenkel (1966), the more slowly the food is ingested by the larvae, the more efficiently this food is digested and transformed into body substance, indicating consequently an inverse relationship between RCR and ECI, and RCR and ECD, relationship that can be checked in this present work.

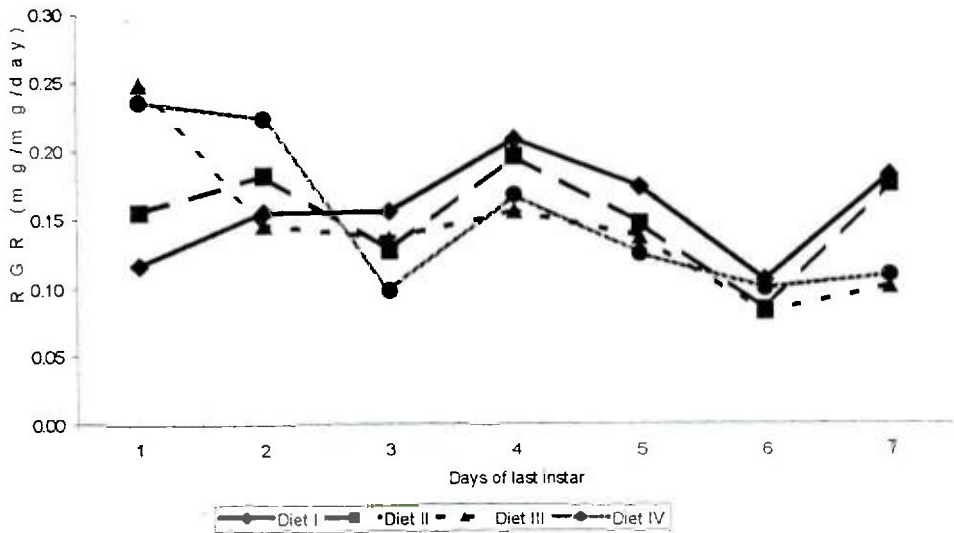


Fig. 3. Daily fluctuations of RGR during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.

Fig. 3. Fluctuations quotidiennes du RGR pendant le dernier âge des larves de B. mori nourries sur différents aliments artificiels.

Approximate Digestibility (AD):

The larvae fed on diet I presented the highest values of AD in the period studied, except on 1st day, although not always significantly superiors to those of other diets (Fig. 6).

The average of AD obtained by larvae fed on diet I was superior ($P < 0,01$) to those obtained by larvae fed on diets II and III, not differing significantly ($P > 0,05$) from the mean value obtained by larvae on diet IV (Table III).

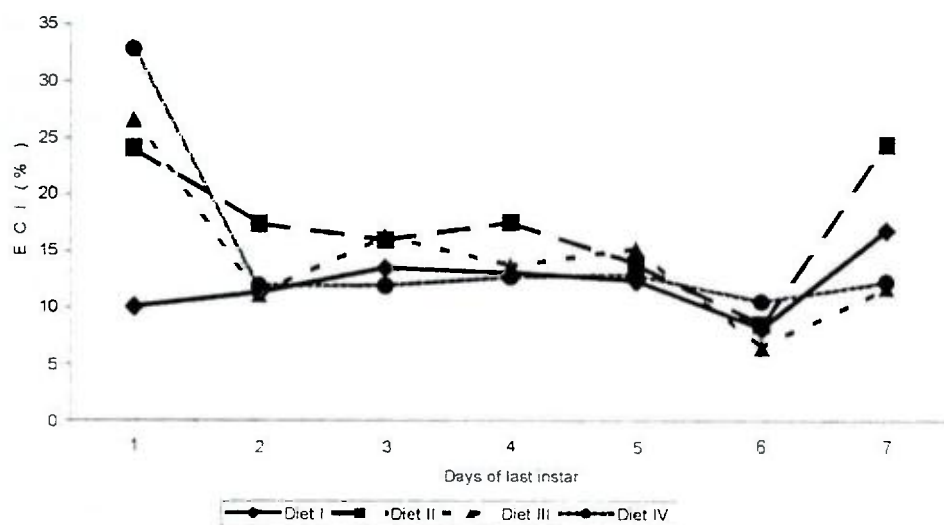


Fig. 4. Daily fluctuations of ECI during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.
 Fig. 4. Fluctuations quotidiennes de l'ECI pendant le dernier âge des larves de *B. mori* nourries sur différents aliments artificiels.

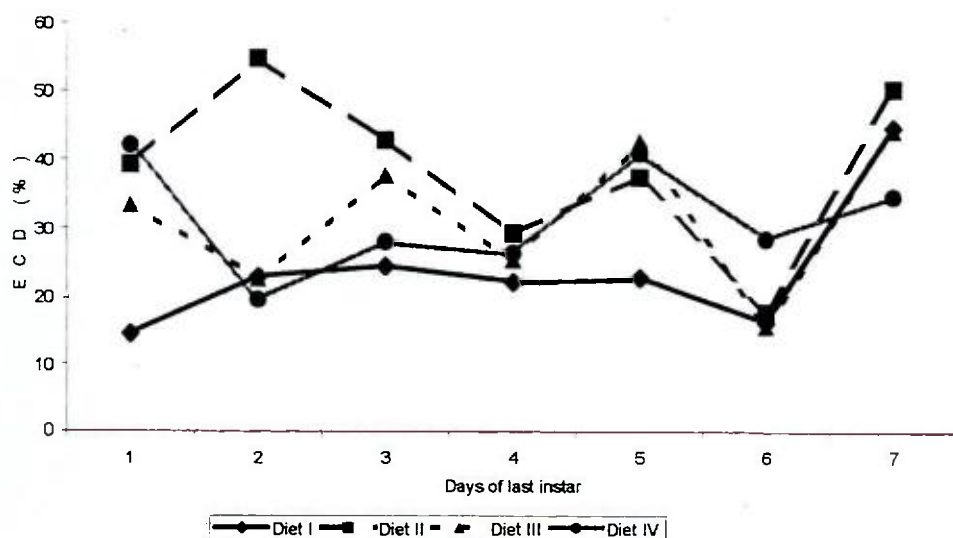


Fig. 5. Daily fluctuations of ECD during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.
 Fig. 5. Fluctuations quotidiennes de l'ECD pendant le dernier âge des larves de *B. mori* nourries sur différents aliments artificiels.

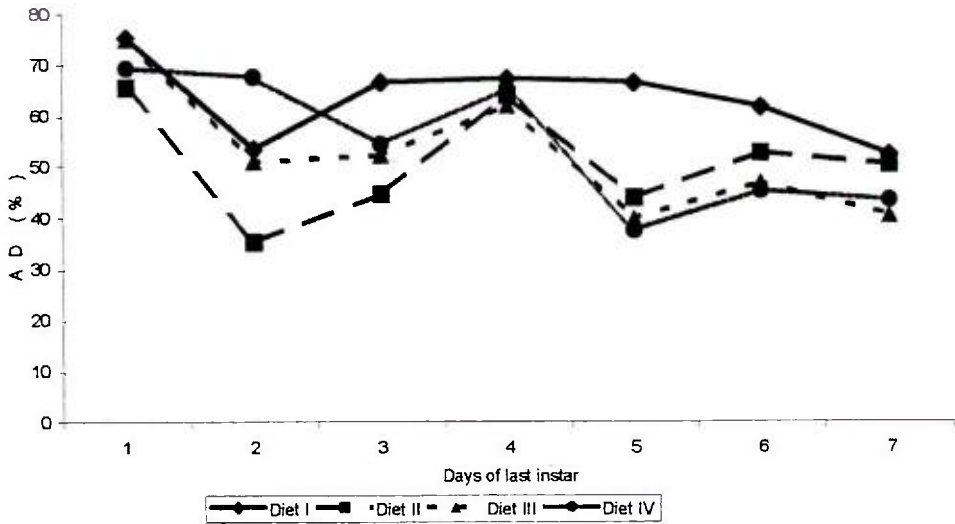


Fig. 6. Daily fluctuations of AD during the last instar of larvae of *B. mori* fed on different artificial diets.

Fig. 6. Fluctuations quotidiennes de l'AD pendant le dernier âge des larves de *B. mori* nourries sur différents aliments artificiels.

Table IV. Mean values of efficiency of food utilization indices of 5th instar larvae of *B. mori* fed on artificial diets.

Tableau IV. Valeurs moyennes des indices d'efficacité d'utilisation de la nourriture chez les larves de *B. mori* au 5^{ème} âge nourries sur aliments artificiels.

Indices	Diet I	Diet II	Diet III	Diet IV
	Milieu I	Milieu II	Milieu III	Milieu IV
RCR (mg/mg/day) / (mg/mg/jour)	1.608 ^a	1.034 ^b	1.191 ^b	1.034 ^b
RMR (mg/mg/day) / (mg/mg/jour)	0.946 ^a	0.407 ^b	0.529 ^b	0.644 ^b
RGR (mg/mg/day) / (mg/mg/jour)	0.156 ^a	0.152 ^a	0.144 ^a	0.151 ^a
ECI (%)	13.69 ^b	15.97 ^a	14.51 ^b	15.03 ^b
ECD (%)	29.34 ^b	33.36 ^a	31.58 ^b	31.27 ^b
AD (%)	58.62 ^a	55.48 ^a	52.44 ^b	54.61 ^{ab}

In agreement with several authors (Mukerji & Guppy, 1970; Kogan & Cope, 1974; Scriber & Slansky Jr., 1981), an inverse correlation exists among AD and ECD, so that AD decreases and ECD increases with the age of the insect, due to the smallest food selectivity in the most advanced phases. This observation was confirmed in this present work.

An inverse correlation between RCR and AD can also happen (Waldbauer, 1968), and the results of this present work confirm this observation.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are highly indebted to CAPES for a post-graduate fellowship and to FAPESP for financial support.

REFERENCES

- CHEN, R. Y., MORI, H., SUMIDA, M., YUAN, X. L., MATSUBARA, Y. (1992) All the year round sericulture by using an aseptic rearing system of silkworms on an artificial diet: Thirty six rearings per annum. *J. Seric. Sci. Jpn.* 61(2), 172-179.
- CROCOMO, W.B., PARRA, J.R.P. (1985) Consumo e utilização de milho, trigo e sorgo por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Bras. Entom.*, 29(2), 225-260.
- HAMAMURA, Y. (1975) Kaiko no jinkoushiryō he no miti. 2nd Ed., 185p. Misuzu Shobo, Tokyo.
- KOGAN, M., COPE, D. (1974) Feeding and nutrition of insects associated with soybeans. 3. Food gain, utilisation and growth in the soybean looper, *Pseudoplusia includens*. *Ann. Entom. Soc. Am.*, 67, 66-72.
- MATSUBARA, F., SUMIDA, M., MORI, H., OHNISHI, M., HAMAZAKI, M. (1989). An effective rearing of silkworm larvae in a conventional room using the sterilised artificial diet. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 58(6), 463-467, 1989.
- MUKERJI, M.K., GUPPY, J.C. (1970) A quantitative study of food consumption and growth in *Pseudaletia unipuncta*. *Can. Entom.*, 102, 1179-1188.
- NAIK, R. P., DELVI, M. R. (1987) Food utilization in different races of silkworm *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Sericologia*, 23(3), 391-397.
- PARRA, J. R. P. (1991) Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R., PARRA, J.R.P. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. 359p. Manole, São Paulo.
- ROYCHOUDHURY, N., BASU, R., SHAMSUDDIN, M., SEM, S.K. (1994) Raising of silkworm, *Bombyx mori* L., on artificial diet after chawki rearing on mulberry leaf. *Sericologia*, 34(1), 67-76.
- SCRIBER, J.M., SLANSKY Jr., F. (1981) The nutritional ecology of immature insects. *Annu. Rev. Entom.*, 26, 183-211.
- SOO HOO, C.F., FRAENKEL, G. (1966) The consumption, digestion and utilization of food plants by a polyphagous insect, *Prodenia eridania* (Cramer). *J. Insect Physiol.*, 12(1), 711-730.
- WALDBAUER, G.P. (1968) The consumption and utilization of food by insect. *Adv. Insect Physiol.*, 5, 229-288.
- WU, X.-f., XU, J.-l., MIAO, Y.-g. (1996) Feeding adaptability of different silkworm varieties to an artificial diet varying in mulberry leaf powder content. *Sericologia*, 36(1), 167-170.

EFFICACITE DE L'UTILISATION DE LA NOURRITURE PAR LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE) NOURRI SUR ALIMENTS ARTIFICIELS*

J.E. MIRANDA ** & R. TAKAHASHI ***

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, UNESP, Rodovia Carlos Tonanni
km5, 14870-000 Jaboticabal, Sao Paulo, Brésil.

*L'efficacité de l'utilisation de la nourriture a été déterminée chez le ver à soie (*Bombyx mori* L.) nourri avec des aliments artificiels au 5ème âge, afin de faire un choix de souches pour l'élevage de *B. mori* avec des feuilles de mûrier au Brésil. L'expérience a été réalisée au Département de Sériciculture de la Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, Brésil. Le milieu I (proposé par Hamamura, 1975) donne le taux de consommation le plus élevé (1,608 mg/mg/jour) ($P < 0,01$) ; le taux métabolique relatif (0,946 mg/mg/jour) ($P < 0,05$) et la digestibilité approximative (58,62 %) les plus élevés qui sont semblables à ceux du milieu IV' ($P > 0,05$) et supérieurs à ceux des autres milieux ($P < 0,01$). Le milieu II (proposé par Matsubara et coll., 1989) donne l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (15,97 %) et de la nourriture digérée (33,36 %) ($P < 0,01$) la plus élevée.*

INTRODUCTION

La quantité et la qualité de la nourriture ingérée pendant la phase larvaire ont un effet sur le taux de croissance, la durée du développement, le poids et le taux de survie et influencent aussi la fécondité, la longévité, le mouvement et la capacité de concurrence (Parra, 1991). Plusieurs études sur l'écologie nutritionnelle et le développement de *Bombyx mori* en Inde et au Japon ont révélé que la consommation, la digestion et l'assimilation de nourriture influençaient directement la production de cocons (Naik et Delvi, 1987).

Le ver à soie, *Bombyx mori* L., étant un insecte phytophage hautement spécialisé, il ne consomme que des feuilles de mûrier et sa consommation dépend de la digestibilité et de l'efficacité avec lesquelles la nourriture digérée est transformée en substance corporelle. Les mesures quantitatives des indices d'efficacité d'utilisation de la nourriture (taux de consommation relatif, taux métabolique relatif, efficacité de conversion de la nourriture en substance corporelle et digestibilité approximative) sont utilisées dans la recherche sur la compréhension du comportement alimentaire et nutritionnel de l'insecte.

Cette étude a été entreprise dans le cadre des connaissances actuelles pour analyser avec la méthode gravimétrique, l'efficacité d'utilisation de la nourriture chez *B. mori* nourri sur quatre milieux artificiels afin de déterminer un milieu artificiel adapté aux souches utilisées au Brésil.

* Appartient au Mémoire de Maîtrise du premier auteur, qui a reçu des bourses du FAPESP et du CAPES.

** Agronome, titulaire d'une Maîtrise en production animale, FCAV-UNESP

*** Docteur professeur, DZNR FCAV-UNESP

MATERIELS ET METHODES

L'expérience a été réalisée au Département de Sériciculture de la *Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias*, Jaboticabal, Brésil.

Les hybrides commerciaux de *B. mori* C115 × N108 ont été élevés jusqu'au 4^{ème} jour du 4^{ème} âge avec des feuilles de mûrier. Puis, des lots de 30 larves ont été répartis sur des plateaux en papier d'une dimension de 15 × 25 × 4 cm à 25° C et 70-75 % d'H.R et organisés en cinq traitements avec quatre formules de milieux artificiels (Tableau I). Le reste du 4^{ème} âge est considéré comme une phase d'adaptation à la nouvelle nourriture.

Des quantités connues de milieux frais sont fournies quotidiennement aux larves de 5^{ème} âge pour déterminer les effets des milieux artificiels sur l'efficacité d'utilisation de la nourriture chez les insectes. Les larves, les matières fécales et la nourriture non consommée sont pesées quotidiennement jusqu'à la fin de l'âge. Leur poids sec est calculé en les séchant dans un four à 65° C pendant 72 heures. Les valeurs sont divisées par le nombre de larves pour obtenir une valeur différente par larve. Le taux de consommation relatif (RCR), le taux métabolique relatif (RMR), le taux de croissance relatif (RGR), l'efficacité de conversion de la nourriture ingérée en substance corporelle (ECI), l'efficacité de conversion de la nourriture digérée en substance corporelle (ECD) et la digestibilité approximative (AD) sont déterminés d'après les recommandations de Scriber & Slansky Jr. (1981).

Une analyse statistique des données a été réalisée en utilisant une méthode d'échantillonnage aléatoire et l'analyse de variance est réalisée avec un Système d'Analyse Statistique (SAS).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les effets des milieux artificiels sur la survie des larves de *B. mori* :

Les larves nourries avec quatre milieux différents présentent des taux de survie qui varient en moyenne entre 62,05 et 73,69 %, sans que cela ne représente de différence significative. On observe juste une tendance à un taux de survie plus élevé avec le milieu I qu'avec les autres milieux. De même, le poids sec total des larves survivantes ne présente pas de différence significative chez les larves nourries avec des milieux artificiels différents (Tableau II).

Gain de poids, milieu ingéré et matières fécales excrétées par les larves de ver à soie :

La consommation de nourriture tout comme le gain de poids et le poids sec des matières fécales excrétées, augmentent avec l'âge de l'insecte, comme on pouvait s'y attendre. En moyenne, pour le cinquième âge, le gain de poids des larves ne diffère pas entre les milieux. Cependant, le poids sec du milieu ingéré et des matières fécales excrétées est plus élevé avec le milieu I comparativement au milieu II (Tableau III).

Taux de consommation relatif (RCR) :

En ce qui concerne les fluctuations quotidiennes du RCR, les larves nourries sur milieu I présentent des taux de croissance relatifs qui augmentent du 1^{er} au 5^{ème} jour et les valeurs ont tendance à baisser vers la fin de l'âge (Fig. 1). Les larves nourries avec les milieux II, III et IV obtiennent des valeurs de RCR oscillant pendant la période observée. Selon Scriber & Slansky Jr. (1981), le RCR calculé quotidiennement tend à atteindre un pic avant ou près de la moitié de l'âge, tendance aussi observée dans cette étude.

La fluctuation quotidienne du RCR est plus accentuée avec le milieu IV qu'avec les autres milieux. Ceci peut être expliqué par un effet stimulateur plus actif avec ce milieu à cause de la quantité plus importante de poudre de mûrier entrant dans sa composition. Cependant, cet ingrédient en quantité importante ne détermine pas, à lui seul, une qualité nutritionnelle supérieure du milieu. Ainsi, le jour suivant il a été observé un comportement de compensation, avec une baisse de la valeur du RCR, c'est à dire, de la quantité de nourriture ingérée en fonction de la masse corporelle de l'insecte.

Le milieu I présente un RCR supérieur ($P < 0,01$) comparé aux milieux II, III, et IV (Tableau III). Cette moyenne confirme la tendance de fluctuation quotidienne du RCR observée (Fig. 1), ce qui suggère que le milieu I semble avoir une meilleure qualité nutritionnelle que les autres milieux, ce qui favoriserait son ingestion par les larves.

D'après Wu et coll., (1996) les larves de ver à soie s'adaptent mieux à leur nourriture quand le milieu contient une quantité élevée de poudre de feuilles de mûrier, ce qui n'a pas été observé dans cette étude dans laquelle le milieu I contient 38 % de poudre de mûrier et le milieu IV (moins consommé par les larves) en contient 50%.

Taux Métabolique Relatif (RMR) :

On observe des variations des fluctuations quotidiennes des valeurs de RMR (Fig. 2). Elles pourraient être expliquées par la capacité de compensation des larves d'un jour à l'autre, c'est à dire qu'une dépense d'énergie élevée remplace une dépense inférieure survenue le jour précédent et vice versa (Scriber & Slansky Jr., 1981). Crocimo & Parra (1985) ont aussi observé ces variations quand ils travaillaient avec trois types de nourriture (le maïs, le blé et le sorgho) chez *Spodoptera frugiperda*. Les larves nourries sur le milieu I présentent des valeurs supérieures comparées à celles obtenues avec les larves sur les autres traitements le 3ème, le 5ème et le 6ème jour et elles présentent des valeurs sans différence significative ($P > 0,05$) avec les autres traitements le 1er, le 2ème et le 4ème jour.

Comme pour le RCR, la fluctuation quotidienne du RMR est plus accentuée avec le milieu IV qu'avec les autres milieux, ce que nous interprétons de la même manière que le caractère précédent.

L'obtention de valeurs élevées pour le RMR signifie qu'il faut une consommation d'énergie plus importante pour la conversion de la nourriture en substance corporelle, ce que l'on remarque encore plus avec les larves nourries sur le milieu I.

Les larves nourries sur le milieu I atteignent la valeur de RMR la plus élevée ($P < 0,05$), qui est supérieure à celles obtenues par les larves nourries sur les autres milieux, ce qui suggère que le milieu I est utilisé par les insectes en quantité plus importante pour la conversion de l'énergie métabolique (Tableau III).

Taux de croissance relatif (RGR) :

Les fluctuations des valeurs quotidiennes des larves nourries sur des milieux artificiels différents ne diffèrent pas entre elles jusqu'au 4ème jour ; le 5ème jour le milieu I a une valeur supérieure ($P < 0,01$) par rapport au milieu IV ; le 6ème jour le milieu I a une valeur supérieure ($P < 0,01$) par rapport aux autres milieux artificiels ; le 7ème jour les milieux I et II ont des valeurs de RGR supérieures ($P < 0,01$) à celles des autres traitements (Fig. 3).

Cependant, en analysant toute la période du 5ème âge, on ne relève pas de différence significative ($P > 0,05$) du RGR entre les différents milieux, ce qui prouve qu'il existe un processus homéostatique selon lequel les larves compensent les périodes d'ingestion de faible quantité de nourriture par une consommation plus élevée par la suite (Tableau III).

Efficacité de Conversion de la Nourriture Ingérée en Substance Corporelle (ECI) :

De petites variations des fluctuations quotidiennes sont observées pour l'ECI avec une augmentation considérable le dernier jour, qui est peut être due à la quantité plus importante des matières fécales due à l'élimination de tous les résidus alimentaires (Fig. 4). Les larves nourries sur le milieu II présentent des valeurs supérieures ($P < 0,001$) par rapport aux autres milieux, ce qui indique une utilisation plus efficace de la nourriture et une consommation moindre de nourriture pour atteindre le poids idéal.

Efficacité de Conversion de la Nourriture Digérée en Substance Corporelle (ECD) :

Des variations quotidiennes constantes des valeurs sont observées (Fig. 5). Les larves nourries sur le milieu I présentent des valeurs relativement faibles, sauf le 4ème et le 7ème jour. Les larves nourries sur le milieu II présentent des valeurs quotidiennes d'ECD relativement élevées au début de

la période, avec une tendance à la baisse le 6ème jour, et une nouvelle hausse le dernier jour. Les larves alimentées avec les milieux III et IV présentent de fréquentes oscillations pendant cet âge. L'augmentation considérable de l'ECD le dernier jour peut être liée à la quantité plus importante de matières fécales ce jour là, qui est probablement due à la préparation des larves à la nymphose, par l'élimination de tous les résidus alimentaires.

Les larves nourries sur le milieu II obtiennent des valeurs d'ECD ($P < 0,05$) supérieures à celles qu'obtiennent les larves nourries sur d'autres milieux (Tableau III).

Selon Soo Hoo & Fraenkel (1966) plus la nourriture est ingérée lentement par les larves plus la nourriture est digérée et transformée en substance corporelle, ce qui indique par conséquent une relation inverse entre le RCR et l'ECI et le RCR et l'ECD, relation qui a pu être vérifiée dans notre étude.

Digestibilité approximative (AD) :

Les larves nourries sur le milieu I présentent des valeurs d'AD plus élevées pendant la période étudiée, sauf le 1er jour, bien qu'elles ne soient pas toujours supérieures de manière significative par rapport aux autres milieux (Fig. 6).

La moyenne d'AD obtenue pour les larves nourries avec le milieu I est supérieure ($P < 0,01$) à celle obtenue par les larves nourries sur les milieux II et III, et elle ne diffère pas de manière significative ($P > 0,05$) par rapport à la valeur moyenne obtenue pour les larves sur milieu IV (Tableau III).

Conformément aux vues exprimées par plusieurs auteurs (Mukerji & Guppy, 1970 ; Kogan & Cope, 1974 ; Scriber & Slansky Jr., 1981), il existe une corrélation inverse entre l'AD et l'ECD, de sorte que l'AD baisse et l'ECD augmente avec l'âge de l'insecte, à cause d'une sélectivité moins importante de la nourriture aux phases les plus avancées. Cette observation a été confirmée par cette étude.

Une corrélation inverse entre RCR et AD peut aussi se produire (Waldbauer, 1968) et les résultats de cette étude confirment cette observation.

EFFECT OF TEMPERATURE ON CONSUMPTION AND UTILISATION OF FOOD IN TWO RACES OF *BOMBYX MORI* L.

C. D. BASAVARAJU, B. LAKSHMI KUMARI & S. R. ANANTHANARAYANA*

Department of Studies in Sericulture, Jnana Bharathi Campus, Bangalore University,
Bangalore - 560 056, India.

Studies on consumption and utilisation of food in two races (C-nichi and KA) of the silkworm, Bombyx mori were conducted at three different temperatures i.e. $33 \pm 1^\circ\text{C}$, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ and $17 \pm 1^\circ\text{C}$. The rearing was conducted with the help of an environmental chamber fabricated for this purpose. The IV and V instars consume the maximum food (90-95%) of total consumption during larval life. Hence the food consumption studies were confined to these instars. The results showed that the nutritional parameters are higher at 33°C and lower at 17°C in both IV and V instars of the multivoltine (C-nichi) race. The bivoltine (KA) race showed higher nutritional indices at 25°C and lower at 17°C with a few variations between the instars. The results also revealed that the temperature not only influenced the metabolic activities of the larvae depending on the age, but also on different races used in the present investigation.

Keywords: *Bombyx mori*, races, temperature, consumption and utilisation.

INTRODUCTION

Studies on nutritional ecology of an insect become important for its commercial exploitation (Scriber and Slansky, 1981). Consumption and utilisation of food (Yamamoto and Fujimaki, 1982) and adaptability to high temperature vary among different races of *Bombyx mori* (Periasamy *et al.*, 1984). Also, enormous literature exists on food intake and utilisation in different instars of both mulberry (Takeuchi and Kosaka, 1961; Kurubayashi *et al.*, 1990) and non mulberry silkworms (Poonia, 1978; 1985; Reddy, 1983; Pant *et al.*, 1986; Biren *et al.*, 1987; Barah *et al.*, 1988; Khalequzaaman, 1990).

The credit of quantitative study on the consumption and utilisation of mulberry leaves by the silkworm goes to Hiratsuka (1920). Most of the studies on food utilisation and nutrition of *B. mori* were summarised as early as 1970 (Legay, 1958; Yokoyama, 1963; Ito, 1978). Horie and Watanabe (1983) have studied the utilisation of food towards body growth on a daily basis. The quantity and quality of the mulberry leaves consumed, digested and the digestion ratio are intimately associated with the larval weight/growth (Ito and Arai, 1963; Sunioka *et al.*, 1982). If the growth rate is kept below the ideal level, the fitness may be reduced because of the extended period of vulnerability to predators and parasitoids (Price *et al.*, 1980). Sharma *et al.* (1986) and Dar *et al.* (1988) investigated various nutritional parameters in silkworms fed on different varieties of mulberry leaves.

Different resistant races of *B. mori* have been introduced as an attempt to improve the commercial characters. Very little information is available on the differential utilisation of food among these silkworm varieties (Yamamoto and Fujimaki, 1982; Periasamy *et al.*, 1984; Naik and Delvi, 1987;

* To whom correspondence should be addressed.

Remadevi *et al.*, 1991). There are few reports concerning the effect of rearing conditions (Matsumura *et al.*, 1958) leaf ratio (Sunioaka *et al.*, 1982; Radhakrishna and Delvi, 1987) and insecticides (Delvi and Naik, 1984; Pant and Katiyar, 1983; Radhakrishna and Delvi, 1992) on the silkworm nutrition and development. Because of the great economic importance of mulberry silkworm in the sericulture industry, the present investigation was undertaken to analyse the effect of temperature on the consumption and utilisation of food in two different races.

MATERIALS AND METHODS

The multivoltine (C-nichi) and bivoltine (KA) races of the silkworm *B. mori* were used for the experiment. C-nichi is basically a temperate variety of China, but has become tropical because of continuous inbreeding of the race in Karnataka, the characters have been changed from bivoltine to multivoltine and it shows a better survival rate when compared with KA. On the other hand KA, a bivoltine variety with Chinese characters was evolved at Kalimpong and show better commercial characters compared to C-nichi. So the impact of high and low temperature on the characters of C-nichi and KA is really interesting and aims at the expression of new character with the temperature effect. With this in view the egg layings were brought from the breeding station of Karnataka State Sericulture Research & Development Institute, Government of Karnataka, Bidadi, India. The rearing was conducted in an environmental chamber (cuboidal chamber size: 76.5'' × 76.5'' × 76.5'' made of two layered aluminium sheets, packed in between with thermocol and with a door on one side) fabricated for this purpose, wherein any of the environmental factors, namely temperature, humidity or light can be varied in the chamber. However, other factors can be kept constant/optimum for larval growth. The rearing technique was similar to that described by Krishnaswami (1978). The races were subjected to three different temperatures i.e., high ($33 \pm 1^\circ\text{C}$), normal ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) and low ($17 \pm 1^\circ\text{C}$) temperature and relative humidity of 80%, was maintained throughout the rearing period.

The nutritional studies were carried out for IV and V instar larvae. The larvae soon after the 3rd moult were kept in separate plastic terraria (size: 36'' × 26'' × 4'') in 3 replicates (100 larvae per replicate). The larvae were fed on mulberry leaves, *Morus alba* (Variety: M5). The wet weights of larvae, quantum of food given, weight of uneaten leaves and faeces were taken daily at 11.00 a.m. With this data, the nutritional parameters of food in the form of Consumption Index, Approximate Digestibility, Growth Rate, Efficiency of Conversion of Ingested food and Efficiency of Conversion of Digested food were calculated by the gravimetric method (Waldbauer, 1968). The data were statistically analysed by designing the factorial experiment to determine the statistical significance (Joshi, 1987).

RESULTS

The consumption Index (CI) refers to the quantity of food consumed (gm)/unit weight (gm) of the larvae/unit time. Approximate Digestibility (AD) is the percentage of the amount of digestible portion of the food. The growth rate (GR) is the percentage of increase in body weight compared to the original body weight. The Efficiency of Conversion of Ingested food (ECI) is the percentage of the amount of ingested food converted into body substance (growth). The Efficiency of Conversion of Digested food (ECD) is the percentage of digested food converted into body substance. The efficiency of conversion of ingested food will rise and fall with the approximate digestibility and the efficiency of conversion of digested food. In both the races (C-nichi and KA) the nutritional parameters showed higher values at 33°C and lower at 17°C during the IV and V instar period, with a few variations noticed in KA race (Table I and Table II). In this variety the percentage of ECI was maximum at 25°C and minimum at 17°C in both IV and V instars. The percentage of ECD was maximum at 25°C and minimum at 33°C during the IV instar. In the Vth instar, the ECD showed maximum at 17°C and minimum at 33°C .

Table I. Consumption Index (CI) and Approximate Digestibility (AD) of *Bombyx mori* races (KA and C-nichi) at different temperatures.

Tableau I. Indice de Consommation (CI) et Digestibilité Approximative (AD) des races (KA et C-nichi) de Bombyx mori à différentes températures.

Instar	Temperature	CI (gms)		AD (%)	
		KA	C-nichi	KA	C-nichi
Age					
IV	33 ± 1 °C	0.904	2.194	86.795	91.973
	25 ± 1 °C	0.749	1.889	86.052	89.537
	17 ± 1 °C	0.708	1.672	84.572	88.454
V	33 ± 1 °C	0.836	0.802	71.592	69.197
	25 ± 1 °C	0.775	0.794	68.001	66.483
	17 ± 1 °C	0.664	0.743	62.184	64.714

Table II. Growth rate (GR), Efficiency of Conversion of Ingested Food (ECI) and Efficiency of Conversion of Digested Food (ECD) of *Bombyx mori* races (KA and C-nichi) at different temperatures.

Tableau II. Taux de croissance (GR), Efficacité de Conversion de la Nourriture Ingérée (ECI) et Efficacité de Conversion de la Nourriture Digérée (ECD) chez des races (KA et C-nichi) de Bombyx mori à différentes températures.

Instar	Temperature	GR (g)		ECI (%)		ECD (%)	
Age		KA	C-nichi	KA	C-nichi	KA	C-nichi
IV	33 ± 1 °C	0.123	0.209	13.581	9.524	15.647	10.355
	25 ± 1 °C	0.109	0.160	14.498	8.473	16.848	9.463
	17 ± 1 °C	0.095	0.127	13.473	7.610	15.931	8.604
V	33 ± 1 °C	0.231	0.191	25.573	23.861	38.514	34.483
	25 ± 1 °C	0.224	0.112	28.850	14.128	42.426	21.250
	17 ± 1 °C	0.178	0.097	26.875	13.040	43.219	20.149

Table III. Analysis of variance at 5% level of significance.**Tableau III. Analyse de variance à un seuil de signification de 5 %.**

Source of variation	df	SS	MSS	F-ratio	Remarks
<i>Source de variation</i>					<i>Remarques</i>
Temperature	2	39.235	19.6175	2.9096935	NS
Race	1	193.936	193.936	28.764844	S
Instar / Age	1	52.127	52.127	7.7315455	S
Parameter / Paramètre	4	47430.479	11857.62	1758.7379	S
Race × Instar / Race × Age	1	77.496	77.496	11.494309	S
Race × Parameter / Race × Paramètre	4	391.581	97.89525	14.519953	S
Instar × Parameter / Age × Paramètre	4	3022.8	755.7	112.08642	S
Error / Ecart	42	283.169	6.742119		
Total	59	51490.823			

df: Degree of freedom / *Degré de liberté*. **SS:** Sum of squares / *Somme des carrés*. **MSS:** Mean of square sums / *Moyenne de la somme des carrés*. Table values of F - distribution at 5% level of significance / *Valeurs de F dans la table - distribution à un seuil de signification de 5 %*.

F_{1,42} = 4.07

F_{2,42} = 3.22

F_{4,42} = 2.59

S: Significant / *Significatif*. **NS:** Not significant / *Non significatif*.

CI and AD are more in the IVth instar and decreased during the Vth instar in both races (KA and C-nichi). Whereas GR, ECI and ECD increased according to the increase in age of the larvae. CI, AD and GR showed the maximum rate at $33 \pm 1^\circ\text{C}$ and minimum at $17 \pm 1^\circ\text{C}$ irrespective of the age of the larva or the race. ECI and ECD in the C-nichi variety also showed the same trend. However, the ECI and the ECD in the KA variety are better at normal ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) and low ($17 \pm 1^\circ\text{C}$) temperature. This abnormal trend in the KA race may be attributed to the fact that bivoltines are originally more suited to a temperate climate. So the efficiency of conversion is good at normal or below the normal temperature, but not at a higher temperature. Eventhough C-nichi is a temperate variety, it has become tropical with a higher survival capacity even at a higher temperature and the efficiency of conversion is not affected by high temperature.

The differences among, a) the race, b) nutritional parameter, c), instar, d) interaction between race and parameter, e) interaction between race and instar, f) interaction between instar and parameter were statistically significant at 5% level of significance (Table III).

DISCUSSION

The present results clearly indicate that CI, AD and GR increased in relation to the increase in temperature which supports the views of Yokoyama (1963). He stated that an increase in temperature produces an increase in the physiological activity of the silkworm larvae. Upadhyay and Mishra (1994) also observed that the increase in temperature hastens the rate of movement of food through the gut and the egestion of excretory pellet in silkworm larvae. So in the present study it is assumed that the fast rate of movement of food through the gut may be the reason why the larvae consume more food. Since the consumption index is in direct relation to the approximate digestibility and growth rate, the percentage of AD and GR is also increased.

Further, the nutritional parameters are not only influenced by environmental factors but also by age, sex and race (Matsumura *et al.*, 1958; Joshi, 1984; Periasamy *et al.*, 1984). The larval stage being completely exposed to environment, the fluctuation in the environment has a drastic effect on the larva. In the present investigation because of the high temperature ($33 \pm 1^\circ\text{C}$) during the larval life, silkworms especially bivoltine (KA) which are very sensitive to higher temperatures show a decreasing trend in ECI and ECD unlike the multivoltine (C-nichi) race which is tolerant to extreme conditions in environmental factors. Moreover ECI and ECD are not directly related to the CI. More CI at high temperature may fasten the growth rate regulating in the early completion of larval life. This is also a way for larva to escape the drastic changes in environment. But ECI and ECD are related to the metabolic activity of the larva, higher efficiency of conversion is achieved only when the larvae are in a good physiological state. Hence the temperate race (KA) has a better survival rate at normal or lower temperature, but not at a higher temperature like tropical races.

The extreme conditions of the environment may tax the physiological machinery of the insect (Benchamin and Nagaraj, 1987). The temperature which is suitable for the tropical race is not suitable for temperate races. Hence KA showed maximum ECI and ECD at normal or low temperatures even though the CI, AD and GR are higher at high temperature which decreases the larval period.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors wish to thank the Central Silk Board, Government of India, for the financial support through the project entitled 'Influence of ecophysiological variation on growth and nutritional biochemistry during silkworm rearing' and to Dr Jayaprakash, Reader in Zoology, Centre for Applied Genetics, Bangalore University, for critically going through the manuscript.

REFERENCES

- BARAH A., GOSWAMI M.C., SAMSON K.V. (1988) Consumption and utilisation of food in different instars of muga silkworm, *Antheraea assama* West Wood. Proc. Indian Acad. Sci (Anim. Sci.) 98(2), 99-103.
- BENCHAMIN K.V., NAGARAJ C.S. (1987) Silkworm rearing techniques. In: Appropriate Sericulture Techniques. Ed. M.S. JOLLY, International Centre for Training & Research in Tropical Sericulture, Mysore, India, pp 73-78.
- BIREN R., PRASAD B., NIGAM M.P. (1987) Consumption and utilisation of food by oak-tasar silkworm, *Antheraea proylei* (Lepidoptera: Saturniidae). Sericologia, 27(1), 11-19.
- DAR H.U., SINGH T.P., DAS B.C. (1988) Evaluation of mulberry varieties by feeding to *Bombyx mori*. Sericologia, 24, 501-511.
- DELVI M.R., NAIK P.R. (1984) Effect of permethrin on dietary water budget in silkworm *Bombyx mori*. Sericologia, 24, 501-511.
- HIRATUKA E. (1920) Researches on the nutrition of silkworm. Bull. Seric. Exp. Stn., Japan 1, 257-315.
- HORIE Y., WATANABE K. (1983) Daily utilisation and consumption of dry matter in food by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Ent. Zool., 18(1), 70-80.

- ITO I. (1978) Silkworm nutrition. In: The Silkworm: an important laboratory tool. Ed. y. Tazima, Kodansha Ltd., Tokyo, Japan, 121-157.
- ITO T., ARAI N. (1963) Food values of mulberry leaves for the silkworm, *Bombyx mori* L., determined by means of artificial diets. 1. Relationship between kinds of mulberry leaves and larval growth. Bull. Seric. Export. Stn., 18, 209-229.
- JOSHI D.D. (1987) The general factorial experiment. In: Linear estimation and design of experiments. Wiley Eastern publications, New Delhi, pp 183-206.
- JOSHI K.L. (1984) Sex-specific consumption and utilisation of food by eri silkworm *Philosamia ricini* Hutt (Lepidoptera: Saturniidae). Sericologia, 24, 21-27.
- KHALEQUZAAMAN M. (1990) Studies on the consumption and utilisation of castor (*Ricinus communis* L.) leaves by larvae of eri silkworm *Samia cynthia ricini* (Boisdual) Pak. J. Zool., 22(2), 149-157.
- KRISHNASWAMI S. (1978) New Technology of silkworm rearing. Central Silk Board Publication, Bangalore, India, 2, 1-10.
- KURUBAYASHI S., SUDA Y., KOUSAKA T. (1990) Studies on the food utilisation efficiency in the silkworm *Bombyx mori* L. reared on mulberry leaves. Bull. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci., 1, 81-102.
- LEGAY J.M. (1958) Recent advances in silkworm nutrition. Ann. Rev. Entomol., 3, 75-86.
- MATSUMURA S., TANAKA S., KOSAKA T., SUZUKI S. (1958) Relation of rearing conditions to the ingestion and digestion of mulberry leaves in the silkworm. Sanshi Shikenjo Hokoku, Tech., Bull., 73, 1-40.
- NAIK P.R., DELVI M.R. (1987) Food utilisation in different races of silkworm *Bombyx mori* L., (Lepidoptera: Bombycidae). Sericologia, 27(3), 391-397.
- PANT R., KATIYAR S.K. (1983) Effect of malathion and acetylcholine on the developing larvae of *P. ricini* (Lepidoptera: Saturniidae). J. Biol. Sci. 5, 89-95.
- PANT R., RAMANA D., ANGSHULA SARKAR (1986) Consumption and utilisation of feed in *Philosamia ricini* larva during development. Sericologia, 26(1), 49-54.
- PERIASAMY K., NARAYANAPRAKASH R., RAHDHAKRISHNAN S. (1984) Food utilisation in exotic and indigenous races of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Sericologia, 24, 43-50.
- POONIA F.S. (1978) Studies on food utilisation and rate of growth during the developmental stages of eri silkworm, *Philosamia ricini* (Lepidoptera: Saturniidae) Ind. J. Seric., 17, 48-60.
- POONIA F.S. (1985) Consumption, digestion and utilization of castor leaves by larvae of eri silkworm *Philosamia ricini* Hutt (Saturniidae: Lepidoptera). Indian J. Entomol., 47(3), 255-267.
- PRICE P.W., BOUTON C.C., GROSS P., Mc PHERSON B.A., THOMPSON J.N., WEISS A.E. (1980) Interaction among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. Annu. Rev. Ecol. Syst., 11, 41-65.
- RADHAKRISHNA P.G., DELVI M.R. (1987) Effect of ration level on food utilisation in the silkworm *Bombyx mori* (L) (Lepidoptera: Bombycidae). Sericologia, 27, 347-354.
- RADHAKRISHNA P.G., DELVI M.R. (1992) Effect of organophosphorous insecticides on food utilisation in different races of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Sericologia, 32(1), 71-79.
- REDDY M.V. (1983) The consumption and utilisation of the castor leaves by the larvae of *Philosamia ricini*. In: Insect Ecology and Resource Management. Ed. S.C. Goel, NE. Hill Univ., Kohima, 251-255.
- REMADEVU O.K., MAGADUM S.B., SHIVASHANKAR N., BENCHAMIN K.V. (1991) Evaluation of the food utilisation efficiency in some polyvoltine breeds of silkworm, *Bombyx mori* L., Sericologia, 31.
- SCRIBER J.M., SLANSKY F. JR. (1981) The nutritional ecology of immature insects. Ann. Rev. Entomol., 26, 183-211.
- SHARMA BALDEV, BADAN P., TARA J.S. (1986) Comparative consumption, utilisation, % pupation and silk production in silkworms (*Bombyx mori*) fed on various varieties of mulberry existing in Jammu Division of Jammu & Kashmir State. Sericologia, 26(4), 419-429.

- SUNIOKA H., KURODA S., YOSHITAKAN (1982) Relationship among food indigestion, food digestion and body weight gain in the silkworm larvae, *Bombyx mori*, under restricted feeding by indices. J. Seric. Sci., Jpn., 51(1), 52-57.
- TAKEUCHI Y., KOSAKA T. (1961) On the amount of food ingested and digested during the first instar in the silkworm, *Bombyx mori* L. Acta Seri., 37, 65-72.
- UPADHYAY V.B., MISHRA A.B. (1994) Influence of temperature on the passage of food through the gut of multivoltine *Bombyx mori* L. larvae. Indian J. Seric, 33(2), 183-185.
- WALDBAUER G.P. (1968) Consumption and utilisation of food by insects. Adv. Insect Physiol., 5, 229-288.
- YAMAMOTO T., FUJIMAKI T. (1982) Interstrain differences in food efficiency of the silkworm *Bombyx mori* L. reared on artificial diet. J. Seri. Sci., Japan, 51, 312-315.
- YOKOYAMA T. (1963) Sericulture. Ann. Rev. Entomol., 8, 287-366.

EFFET DE LA TEMPERATURE SUR LA CONSOMMATION ET L'UTILISATION DE NOURRITURE CHEZ DEUX RACES DE *BOMBYX MORI* L.

C.D. BASAVARAJU, B. LAKSHMI KUMARI & S.R. ANANTHANARAYANA*

Department of Studies in Sericulture, Jnana Bharathi Campus, Bangalore University,
Bangalore - 560 056, Inde.

*Des études ont été réalisées sur la consommation et l'utilisation de nourriture chez deux races (C-nichi et KA) du ver à soie **Bombyx mori** à trois températures différentes $33 \pm 1^\circ \text{C}$, $25 \pm 1^\circ \text{C}$ et $17 \pm 1^\circ \text{C}$. L'élevage a été réalisé dans une chambre environnementale fabriquée dans ce but. Les 4ème et 5ème âges consomment le plus de nourriture (90 à 95 % de la consommation totale pendant la vie larvaire). Les études effectuées sur la consommation de nourriture ne concernent donc que ces âges. Les résultats montrent que les paramètres nutritionnels sont plus élevés à 33°C et plus faibles à 17°C pour le 4ème tout comme pour le 5ème âge chez la race polyvoltine (C-nichi). La race bivoltine (KA) présente des indices nutritionnels plus élevés à 25°C et plus faibles à 17°C avec quelques variations entre les âges. Les résultats révèlent aussi que la température influence non seulement les activités métaboliques des larves en fonction de l'âge, mais aussi en fonction des différentes races utilisées dans cette étude.*

INTRODUCTION

Les études d'écologie nutritionnelle d'un insecte donné sont importantes pour son exploitation commerciale (Scriber et Slansky, 1981). La consommation et l'utilisation de nourriture (Yamamoto et Fujimaki, 1982) et l'adaptabilité à une température élevée varient chez les différentes races de *Bombyx mori* (Periasamy et coll., 1984). Il existe donc une littérature abondante sur l'absorption et l'utilisation de nourriture pendant les différents âges chez les vers à soie mûriers (Takeuchi et Kosaka, 1961 ; Kurubayashi et coll., 1990) et non-mûriers (Poonia, 1978 ; 1985 ; Reddy, 1983 ; Pant et coll., 1986 ; Biren et coll., 1987 ; Barah et coll., 1988 ; Khalequzaaman, 1990).

C'est à Hiratsuka (1920) que revient tout le mérite de l'étude quantitative de la consommation et de l'utilisation des feuilles de mûrier par le ver à soie (1920). La plupart des études sur l'utilisation de la nourriture et la nutrition chez *B. mori* ont été résumées dès 1970 (Legay, 1958 ; Yokoyama, 1963 ; Ito, 1978). Horie et Watanabe (1983) ont étudié l'utilisation quotidienne de nourriture par rapport à la croissance du corps. La quantité et la qualité des feuilles de mûrier consommées et digérées et le ratio de digestion sont étroitement liés au poids / à la croissance larvaires (Ito et Arai, 1963 ; Sunioka et coll., 1982). Si le taux de croissance est maintenu en-deça du niveau idéal, la santé des larves peut être affectée à cause du prolongement de la période d'exposition aux prédateurs et aux parasitoïdes (Price et coll., 1980). Sharma et coll. (1986) et Dar et coll. (1988) ont étudié plusieurs paramètres nutritionnels chez les vers à soie nourris sur différentes variétés de feuilles de mûrier.

Différentes races résistantes de *B. mori* ont été introduites pour essayer d'améliorer les caractères commerciaux. On dispose de très peu d'information sur l'utilisation différentielle de la nourriture chez ces différentes variétés de ver à soie (Yamamoto et Fujimaki, 1982 ; Periasamy et coll., 1984 ;

* Auteur auquel la correspondance doit être adressée.

Naik et Delvi, 1987 ; Remadevi et coll., 1991). Il existe peu de documents concernant l'effet des conditions d'élevage (Matsumura et coll., 1958), du ratio de feuilles (Sunioaka et coll., 1982; Radhakrishna et Delvi, 1987) et des insecticides (Delvi et Naik, 1984; Pant et Katiyar, 1983; Radhakrishna et Delvi, 1992) sur la nutrition et le développement du ver à soie. Compte tenu de l'importance économique considérable du ver à soie mûrier pour l'industrie séricicole, cette étude a été entreprise afin d'analyser l'effet de la température sur la consommation et l'utilisation de la nourriture chez deux races différentes.

MATERIELS ET METHODES

Les races polyvoltine (C-nichi) et bivoltine (KA) du ver à soie *B. mori* sont utilisées pour l'expérience. C-nichi est en fait une variété tempérée de Chine, mais elle est devenue tropicale à cause d'interbreeding continuels au Karnataka; ses caractères après avoir été bivoltins sont devenus polyvoltins et elle présente un taux de survie meilleur comparée à KA. D'autre part, KA une variété bivoltine avec des caractères chinois a été mise au point à Kalimpong et présente de meilleurs caractères commerciaux comparée à C-nichi. L'impact des températures élevée et basse sur les caractères de C-nichi et de KA est donc très intéressant et vise à l'expression de nouveaux caractères avec l'effet de la température. Dans cette optique, des pontes ont été obtenues auprès du *Karnataka State Sericulture Research & Development Institute*, Gouvernement du Karnataka, à Bidadi, en Inde. L'élevage a été réalisé dans une chambre environnementale (taille de la chambre cubique : 76,5'' × 76,5'' × 76,5'' faite de deux feuilles d'aluminium stratifié, avec une couche de thermocol entre elles et une porte sur le côté) fabriquée dans ce but, grâce à laquelle n'importe quel facteur environnemental, en l'occurrence la température, l'humidité ou la lumière peuvent être changés dans la chambre. Cependant, d'autres facteurs peuvent être gardés constants/optimums pendant la croissance larvaire. La technique d'élevage est similaire à celle décrite par Krishnaswami (1978). Les races sont soumises à trois températures différentes, élevée ($33 \pm 1^\circ \text{C}$), normale ($25 \pm 1^\circ \text{C}$) et faible ($17 \pm 1^\circ \text{C}$) et une humidité relative de 80 % est maintenue pendant toute la période d'élevage.

Les études nutritionnelles sont entreprises chez les larves du 4ème et du 5ème âges. Les larves sont maintenues peu après la troisième mue dans des terrarium séparés en plastique (taille 36'' × 26'' × 4'') avec 3 répétitions (100 larves par répétition). Les larves sont nourries avec des feuilles de mûrier, *Morus alba* (Variété : M5). Les poids frais des larves, la quantité de nourriture donnée, le poids des feuilles qui ne sont pas mangées et des matières fécales sont relevés quotidiennement à 11.00 heures du matin. Ces données permettent de calculer les paramètres nutritionnels tels que l'Indice de Consommation, la Digestibilité Approximative, le Taux de Croissance, l'Efficacité de Conversion de la Nourriture Ingérée et l'Efficacité de Conversion de la Nourriture Digérée d'après la méthode gravimétrique (Waldbauer, 1968). Les données sont analysées statistiquement (analyse factorielle) pour déterminer leur signification statistique (Joshi, 1987).

RESULTATS

L'indice de consommation (CI) se réfère à la quantité de nourriture consommée (g) / unité de poids (g) des larves / unité de temps. La digestibilité approximative (AD) est le pourcentage de nourriture qui est digestible. Le taux de croissance (GR) est le pourcentage d'augmentation du poids du corps par rapport au poids d'origine. L'Efficacité de Conversion de la Nourriture Ingérée (ECI) est le pourcentage de nourriture ingérée convertie en substance corporelle (croissance). L'Efficacité de Conversion de la Nourriture Digérée (ECD) est le pourcentage de nourriture digérée convertie en substance corporelle. L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée augmente et baisse avec la digestibilité approximative et l'efficacité de conversion de la nourriture digérée. Chez les deux races (C-nichi et KA), les paramètres nutritionnels présentent des valeurs supérieures à 33°C et inférieures à 17°C pendant la période du 4ème et du 5ème âge avec quelques variations qui apparaissent chez la race KA (Tableau I et Tableau II). Chez cette variété, le pourcentage d'ECI est maximum à 25°C

et minimum à 17° C au 4ème et au 5ème âge. Le pourcentage d'ECD est maximum à 25° C et minimum à 33° C pendant le 4ème âge. Au 5ème âge, l'ECD s'avère maximum à 17° C et minimum à 33° C.

Le CI et l'AD sont supérieurs au 4ème âge et baissent pendant le 5ème âge chez les deux races (KA et C-nichi). Tandis que le GR, l'ECI et l'ECD augmentent alors que les larves avancent en âge. Le CI, l'AD et le GR présentent un taux maximum à $33 \pm 1^\circ \text{C}$ et un taux minimum à $17 \pm 1^\circ \text{C}$ quel que soit l'âge des larves ou leur race. L'ECI et l'ECD présentent aussi la même tendance chez la variété C-nichi. Cependant, l'ECI et l'ECD de la variété KA sont meilleurs à température normale ($25 \pm 1^\circ \text{C}$) et faible ($17 \pm 1^\circ \text{C}$). Cette tendance chez la race KA pourrait être attribuée au fait que les bivoltins sont à l'origine plus adaptés au climat tempéré. Ainsi, l'efficacité de conversion est bonne à une température normale ou au-dessous de la température normale, mais pas à température plus élevée. Bien que C-nichi soit une variété tempérée, elle est devenue tropicale et a une capacité de survie plus élevée même à une température plus élevée et son efficacité de conversion n'est pas affectée par une température élevée.

Les différences entre, a) la race, b) le paramètre nutritionnel, c) l'âge, d) l'interaction entre la race et le paramètre, e) l'interaction entre la race et l'âge, f) l'interaction entre l'âge et le paramètre sont importantes sur le plan statistique à un seuil de signification de 5 % (Tableau III).

DISCUSSION

Nos résultats indiquent clairement que le CI, l'AD et le GR augmentent avec la température, ce qui confirme les opinions de Yokoyama (1963). Il a signalé qu'une augmentation de la température accroît l'activité physiologique des larves de ver à soie. Upadhyay et Mishra (1994) ont aussi observé que l'augmentation de température accélère le taux de mobilité de la nourriture dans l'intestin et l'évacuation de la pétole excrétée par les larves de ver à soie. Ainsi, nous supposons que le mouvement rapide de la nourriture dans l'intestin pourrait être la raison pour laquelle les larves consomment plus de nourriture. Comme l'indice de consommation est en relation directe avec la digestibilité approximative et avec le taux de croissance, le pourcentage d'AD et le GR augmentent aussi.

De plus, les paramètres nutritionnels ne sont pas seulement influencés par les facteurs environnementaux mais aussi par l'âge, le sexe et la race (Matsumura et coll., 1958; Joshi, 1984; Periasamy et coll., 1984). Comme les larves sont complètement exposées à l'environnement, la fluctuation de l'environnement a un effet radical sur les larves. Dans notre étude, à cause de la température élevée ($33 \pm 1^\circ \text{C}$) pendant la période larvaire, les vers à soie surtout les bivoltins (KA) qui sont très sensibles aux températures supérieures présentent une tendance à la baisse pour l'ECI et l'ECD contrairement à la race polyvoltine (C-nichi) qui tolère des conditions environnementales extrêmes. De plus, l'ECI et l'ECD ne sont pas directement liées au CI. Il se peut qu'un CI supérieur à température élevée accélère le taux de croissance en régulant l'achèvement précoce de la vie larvaire. C'est aussi une manière pour les larves d'échapper aux changements radicaux de l'environnement. Mais l'ECI et l'ECD sont liées à l'activité métabolique des larves, ainsi on obtient une efficacité de conversion plus élevée seulement lorsque les larves sont dans un bon état physiologique. Ainsi, la race tempérée (KA) a un taux de survie meilleur à température normale ou faible, mais non pas à température élevée comme les races tropicales.

Les conditions extrêmes de l'environnement peuvent mettre à l'épreuve le système physiologique de l'insecte (Benjamin et Nagaraj, 1987). La température qui convient à la race tropicale ne convient pas aux races tempérées. Ainsi, KA présente une ECI et ECD maximum aux températures normales ou faibles bien que son CI, son AD et son GR soient supérieurs à une température élevée qui diminue la durée de sa période larvaire.

INFLUENCE OF PHOTOPERIOD AND SCOTOPERIOD ON THE FOOD BUDGET IN THE SILKWORM *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA: BOMBYCIDAE)

F. B. ASIYA NUZHAT* & M. R. DELVI

Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore - 560 056, India

*The effect of photoperiod and scotoperiod on the food intake and utilisation from hatching to pupation in **Bombyx mori** fed ad libitum with **Morus alba** are reported. The consumption and different rates of feeding, assimilation and conversion vary considerably depending on the duration of the light. The rates decrease with the increase in the body weight of the larvae and the relationship is linear at scotoperiod and photoperiod in all the three test races of the silkworm **B. mori**. The feeding rate from hatching to pupation in Pure Mysore race is 0.7479 mg/mg/day. About 53% of the ingested food is assimilated, 15% of the assimilated food is converted into body substances and about 85% is used for respiration. At pupation the larvae contain about 10% of the total food assimilated.*

Keywords: Photoperiod, scotoperiod, assimilation conversion, feeding rate, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

To acquire and accumulate sufficient energy nutrients, and water from the available food in the given environmental conditions, insects have evolved a variety of strategies. Information on regulation of food intake has been considered in detail in several reviews (herbivores, Bernay's and Chapman, 1978; Bernays and Simpson, 1982; carnivores, Holling, 1966; sanguivorous, Buxton, 1930; Langley, 1976; Friend and Smith, 1977; aquatic detritivores, Anderson and Sedell, 1979; Merritt and Wallace, 1981). Irrespective of the type of the food consumed and of the condition of the food consumption, the central theme in insects has not only been the minimisation of the cost of feeding but also the maximisation of the intake of nutrients, energy and water (Emlen, 1973) but also the completion of the life cycle and the laying of viable eggs.

Light plays a crucial role in ecological adaptations related to food utilisation, activity, determination of both estival and hibernial diapause, host sequence and hibernial diapause, host sequence and voltinism (Ali and Salem, 1978; Goettel and Philogene, 1978). The role of photoperiod in synchronising food consumption is different (Ali, 1973) and is considered to be one of the biotic factors affecting the development and silk production (Salem, 1974) which in turn is influenced by other abiotic factors (Ali and Salem, 1978). Information on the effect of photoperiod on the food intake and utilisation in insects (Premaleela, 1986) particularly in silkworm is scanty (Ali and Salem, 1978; Goettel and Philogene, 1978). The present paper reports the influence of photoperiod and scotoperiod on consumption and utilisation of food in three different races of the silkworm *Bombyx mori* L.

* Present address: Department of Zoology, Government Science College, Nrupthunga Road, Bangalore -560 001, India.

MATERIALS AND METHODS

Diseases free egg layings of *Bombyx mori*, Pure Mysore NB4D2, and cross breed races, were obtained from the sericulture section and were removed to separate terraria (plastic tray size 36 × 26 × 4 cm) and maintained in the BOD attached with a timer, fed *ad libitum* with mulberry leaf of *Morus alba* at a constant temperature of 26 °C, 80 ± 10% RH with the intensity of light being 150 lux. 500 freshly hatched larvae in each race were selected, weighed and arranged in three replications. The larvae were exposed to different photoperiods and scotoperiod of 24 hours light per day; 16 hours and 8 hours dark per day; 12 hours light (day) and 12 hours dark (night) per day and 24 hours dark per day respectively from hatching to pupation. The amount of daily food intake was calculated by following the standard gravimetric method described by Waldbauer (1968). Overall rates were calculated by the method described by Muthukrishnan and Pandian, 1987. To estimate the amount of dry food converted into body substances, a few larvae were dried just before commencing the respective feeding experiments and the dry weight of the chosen larvae (Sacrifice Method of Maynard and Loosli, 1962) were recorded.

To express the rates of consumption, digestion and conversion of food in insects various indices and different terms of food intake and utilization have been devised by different workers. In the present study rates are expressed in terms of mg dry food per mg of live insect per day.

RESULTS AND DISCUSSION

The food intake and utilization in *Bombyx mori* fluctuates depending on the age, photoperiod, scotoperiod and race. The intake increases progressively from the minimum during the early age to the maximum during the old age. In the worms exposed to four different light periods about 82% to 84% of the food intake occurs during the fourth and the fifth instar. The difference in the consumption becomes wider with the increase in the age of the larvae and there is no uniform difference in the feeding behaviour of different races. It differs depending on the duration of light and on the races. However, scotoperiod influences the food consumption in all the test races.

Variable quantities of excreta is defecated by the larvae depending on the duration of light and scotoperiod. The food utilization budgets for different life stages of three races of *B. mori* at different photoperiods and scotoperiod are given in Tables I, II and III. Assimilated food energy used for respiration was calculated (which includes the product of ecdysis as well as net growth or body weight at pupation) from that of the total food assimilated.

Similar patterns of food budgets are seen in the exogenous races of *B. mori* namely NB4D2 and CB races. The major differences between exogenous and endogenous races as controls can be summarised as follows. The feeding rate is the highest in the Pure Mysore Race, which is 0.7479 mg/mg/day; while it is as low as 0.5755 mg/mg/day in the NB4D2 race and 0.6561 mg/mg/day in the CB race.

Mean assimilation efficiency is as much as 53.1% in the Pure Mysore race while it is 43.2% in NB4D2 race and 37.3% in the CB race. The CB race larvae converted as much as 27.1%. Changes in the duration of light result in the modification of food utilization budgets in the tested races of *B. mori*. The major differences could be summarised as follows:

1. The feeding rate increases above the normal level of 0.7479 mg/mg/day at different photoperiods in the Pure Mysore race. Similarly the rates at scotoperiod and photoperiod in the exogenous race is more than the rate for the control. For example in the NB4D2 race it is 0.5755 mg/mg/day at control and 0.9451 mg/mg/day at scotoperiod and 0.8238 mg/mg/day for 12 hours of light while in the CB race the rate increases from 0.6561 mg/mg/day for the control to 1.0981 mg/mg/day for 12 hours of light. It may be that both scotoperiod and photoperiod influence the feeding rate.

Table I. Effect of photoperiods and scotoperiod on the total food utilization budget, from hatching to pupation, in the silkworm *Bombyx mori* (Pure Mysore race), fed *ad libitum*, *Morus alba* at 26 ° C and 80 ± 10% of R. H. The control worm were maintained at room temperature which averaged 26 ° ± 2 ° C and R.H 80 ± 10%.

Tableau I. Effet des photopériodes et de la scotopériode sur l'utilisation totale de la nourriture, de l'éclosion à la pupaison, chez le ver à soie Bombyx mori (race Pure Mysore), nourri ad libitum, avec Morus alba à 26 ° C et 80 ± 10% d'H.R. Les vers témoins sont maintenus à une température ambiante moyenne de 26 ° ± 2 ° C et une H.R de 80 ± 10%.

Life stage (instar)	Control (10 hrs light) 52 lux room light	Scotoperiod	Photoperiod		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Période de vie (âge)	Témoin (10 hrs de lumière) 52 lux de lumière dans la pièce	Scotopériode (obscurité 24 h)	Photopériode		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Life span (days)/Durée de vie (jours)	35	23.75	38	19.5	23.5
Food intake /Ration alimentaire	3191.7 ± 170.3	4618.8 ± 68.4	3364.4 ± 19.7	3320.0 ± 31.6	4180.4 ± 41.4
Faeces defecated / Matières fécales déféquées	1497.8 ± 16.8	1353.8 ± 23.6	1352.9 ± 14.9	1506.6 ± 10.7	1460.4 ± 13.8
Food assimilated / Nourriture assimilée	1693.9 ± 168.9	3265.0 ± 66.8	2013.0 ± 22.5	1813.4 ± 28.0	2719.5 ± 50.6
Converted / Convertie	254.5 ± 11.2	252.2 ± 14.5	180.2 ± 5.0	265.4 ± 3.2	273.6 ± 12.3
Oxidised / Oxydée	1439.4 ± 245.0	3012.8 ± 74.2	1833.3 ± 22.3	1548.0 ± 29.8	2445.9 ± 55.8
Feeding rate /Taux d'alimentation	0.7479 ± 0.3106	1.3950 ± 0.1469	1.0151 ± 0.0767	1.2815 ± 0.0148	1.3606 ± 0.0540
Assimilated rate / Taux assimilé	0.1694 ± 0.3049	1.2964 ± 0.0590	0.8823 ± 0.545	1.1230 ± 0.0136	1.1639 ± 0.1439
Converted rate / Taux de conversion	0.0221 ± 0.0012	0.0413 ± 0.0036	0.0425 ± 0.0237	0.0550 ± 0.0073	0.0454 ± 0.0095
Metabolic rate / Taux métabolique	0.5950 ± 0.0308	1.2552 ± 0.0596	0.8628 ± 0.0538	1.0679 ± 0.0124	1.1638 ± 0.0556
Assimilation efficiency / Efficacité d'assimilation	53.1 ± 2.4	70.7 ± 0.6	59.8 ± 0.8	54.6 ± 0.8	65.0 ± 0.8
Conversion efficiency/ Efficacité de conversion	8.0 K1 ± 0.5 K2 15.0 ± 1.7	5.5 ± 0.3 7.7 ± 0.4	5.3 ± 0.4 8.9 ± 0.3	8.0 ± 0.5 14.6 ± 1.0	6.5 ± 0.9 10.1 ± 0.8

The values are expressed in mg dry weight, while rates are expressed in mg/mg/day and efficiencies in percentage / Les valeurs sont exprimées en mg de poids sec. tandis que les taux sont exprimés en mg/mg/jour et les efficacités en pourcentage.

Table II. Effect of photoperiods and scotoperiod on the total food utilization budget, from hatching to pupation, in the silkworm *Bombyx mori* (NB4D2 race), fed *ad libitum*, *Morus alba* at 26 °C and 80 ± 10% of R. H. The control worms were maintained at room temperature which averaged 26 ° ± 2 ° C.

Tableau II. Effet des photopériodes et de la scotopériode sur l'utilisation totale de la nourriture, de l'éclosion à la pupaison, chez le ver à soie Bombyx mori (race NB4D2), nourri ad libitum, avec Morus alba à 26 ° C et 80 ± 10% d'H.R. Les vers témoins sont maintenus à température ambiante dont la moyenne était de 26 ° ± 2 ° C.

Life stage (instar)	Control (10 hrs light) 52 lux room light	Scotoperiod	Photoperiod		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Période de vie (âge)	Témoin (10 hrs de lumière) 52 lux de lumière dans la pièce	Scotopériode	Photopériode		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Life span (days) / <i>Durée de vie (jours)</i>	26.5	19.0	30.0	22.0	26.5
Food intake / <i>Ration alimentaire</i>	5026.9 ± 140.9	6093.3 ± 167.9	3544.5 ± 139.3	5397.6 ± 26.1	5309.1 ± 115.8
Faeces defecated / <i>Matières fécales déféquées</i>	2865.1 ± 107.1	2717.7 ± 155.4	2109.0 ± 145.5	2882.1 ± 6.8	3229.2 ± 88.6
Food assimilated / <i>Nourriture assimilée</i>	2170.8 ± 217.3	3375.6 ± 218.7	1435.5 ± 222.9	2515.7 ± 22.5	2079.9 ± 20.2
Converted / <i>Convertie</i>	394.3 ± 17.6	653.6 ± 8.4	421.9 ± 24.0	775.7 ± 6.1	695.4 ± 75.5
Oxidised / <i>Oxidée</i>	1776.5 ± 342.0	2722.0 ± 210.5	1013.6 ± 230.5	1740.0 ± 132.6	1387.5 ± 248.1
Feeding rate / <i>Taux d'alimentation</i>	0.5755 ± 0.0838	0.9451 ± 0.0614	0.6216 ± 0.0278	0.6044 ± 0.0590	0.8238 ± 0.0721
Assimilated rate / <i>Taux d'assimilation</i>	0.3769 ± 0.0769	0.7420 ± 0.0563	0.4526 ± 0.195	0.4424 ± 0.0500	0.6556 ± 0.1916
Converted rate / <i>Taux de conversion</i>	0.0279 ± 0.0027	0.0553 ± 8.0070	0.0353 ± 0.0035	0.0781 ± 0.0443	0.0477 ± 0.0041
Metabolic rate / <i>Taux métabolique</i>	0.3892 ± 0.0373	0.6704 ± 0.0831	0.4128 ± 0.0193	0.3960 ± 0.0489	0.6079 ± 0.0722
Assimilation efficiency / <i>Efficacité de l'assimilation</i>	43.2 ± 2.8	55.4 ± 2.4	40.5 ± 3.3	46.8 ± 0.7	39.2 ± 3.1
Conversion efficiency / <i>Efficacité de conversion</i>	7.8 K1 ± 0.4 K2 18.2 ± 1.4	10.7 ± 0.8 19.4 ± 1.2	11.9 ± 0.7 29.4 ± 2.8	14.7 ± 0.5 30.8 ± 1.2	13.1 ± 1.3 33.4 ± 3.9

Table III. Effect of photoperiods and scotoperiod on the total food utilization budget, from hatching to pupation, in the silkworm *Bombyx mori* (cross breed race), fed *ad libitum*, *Morus alba* at 26 ° C and 80 ± 10% of R. H. The control worms were maintained at room temperature which averaged 26 ° ± 2 ° C.

Tableau III. Effet des photopériodes et de la scotopériode sur l'utilisation totale de la nourriture, de l'éclosion à la pupaison, chez le ver à soie Bombyx mori (race de lignées croisées), nourri ad libitum, avec Morus alba à 26 ° C et 80 ± 10% d'H.R. Les vers témoins sont maintenus à température ambiante dont la moyenne était de 26 ° ± 2 ° C.

Life stage (instar)	Control (10 hrs light) 52 lux room light	Scotoperiod	Photoperiod		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Période de vie (âge)	Témoin (10 hrs de lumière) 52 lux de lumière dans la pièce	Scotopériode	Photopériode		
			24 hrs	16 hrs	12 hrs
Life span (days) / <i>Durée de vie</i> (jours)	24.5	22.5	27.0	21.5	20.0
Food intake / <i>Prise de nourriture</i>	3822.4 ± 103.9	4981.1 ± 147.9	3975.4 ± 193.2	3934.4 ± 39.8	4393.5 ± 128.6
Faeces defecated / <i>Matières</i> <i>fécales déféquées</i>	2397.2 ± 264.7	2378.0 ± 115.9	2185.3 ± 204.9	2423.9 ± 15.5	1894.7 ± 88.6
Food assimilated / <i>Nourriture</i> <i>assimilée</i>	1425.1 ± 239.8	2602.1 ± 123.0	1790.1 ± 346.3	1510.6 ± 35.8	2498.8 ± 159.8
Converted / <i>Convertie</i>	387.2 ± 6.3	735.7 ± 64.5	392.9 ± 11.8	392.5 ± 13.6	485.3 ± 61.4
Oxidised / <i>Oxidée</i>	1037.9 ± 242.8	1866.4 ± 156.7	1397.2 ± 340.2	1118.1 ± 31.0	2013.5 ± 160.4
Feeding rate / <i>Taux d'alimentation</i>	0.6561 ± 0.0399	0.6937 ± 0.0467	0.7047 ± 0.0714	0.6899 ± 0.0627	1.0981 ± 0.0571
Assimilated rate / <i>Taux assimilé</i>	0.4693 ± 0.0313	0.5257 ± 0.0414	0.5130 ± 0.0690	0.4936 ± 0.0634	0.8901 ± 0.0656
Converted rate / <i>Taux de</i> <i>conversion</i>	0.045 ± 0.0097	0.0517 ± 0.0308	0.03915 ± 0.0222	0.0489 ± 0.0087	0.0613 ± 0.0136
Metabolic rate / <i>Taux métabolique</i>	0.4221 ± 0.0342	0.5791 ± 0.0878	0.4739 ± 0.0637	0.4447 ± 0.0703	0.8374 ± 0.0683
Assimilation efficiency / <i>Efficacité d'assimilation</i>	37.3 ± 7.3	52.2 ± 1.4	45.0 ± 3.1	38.4 ± 1.3	56.9 ± 2.5
Conversion efficiency / <i>Efficacité de conversion</i>	10.1 ± 1.1	14.8 ± 1.2	9.8 ± 0.5	10.0 ± 1.0	11.0 ± 1.0
K1	27.1 ± 2.0	28.2 ± 2.1	21.9 ± 1.8	26.0 ± 1.5	19.4 ± 1.6
K2					

2. The mean assimilation efficiency increases from the normal 53.1% at control to 70.7% at scotoperiod and is always above 54% at all the photoperiods in the Pure Mysore race. Similarly in the CB race the efficiency is higher at photoperiods and scotoperiods than at control and 55.4% at scotoperiod.

3. There are variations in the conversion of food material into body substances. In the Pure Mysore race, the conversion efficiency is 14.6% for 16 hours of light; whereas the efficiency decreases for all other parameters and ranges from 7.7% at scotoperiod to 10.1% for 12 hours of light.

In NB4D2 the conversion efficiency is about 18% to 19% at control which increases significantly at photoperiod. In the CB race, the efficiency of 28.2% is highest at the scotoperiod which can be compared to 27.1% at control and 26.0% for 16 hours of light. However, the efficiency decreases to 19.4% for 12 hours of light. Such changes in the efficiency could be attributed to the race to which the larvae belongs and also to the changes in the duration of light.

A review of the literature reveals that the assimilation efficiency ranges from 37.3% in the cross breed of *B. mori* at $26^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ at 12 hours of light (present work) to 79.7% in the Pure Mysore race at 21°C (Hanumappa, 1988). The efficiency ranges from 30% to 70% in primary consumers. However, the efficiency may increase to 80% as found in the Pure Mysore race of *B. mori* and even to 88% as found in *Pyrrhosoma nymphula* (Lawton, 1971) which is a secondary consumer. Changes in assimilation and conversion efficiencies may be due to one or to the combination of more than one factor like the race, the temperature, the photoperiod, the food quality, the water content of the food and even the presence of toxins like the insecticides. The conversion efficiency varies from 7.7% in the *B. mori* Pure Mysore race (present work) to 63% in fast growing insects like *Heterodiscidus* (Stocknor, 1971) and *Schistocerca gregaria* (Davey, 1954). The fast growing insects consume, assimilate and convert faster than the other insects and hence attain a higher body weight than *B. mori*.

REFERENCES

- ALI M.A. (1973) Influence of photoperiod on temperature on the food consumption of the alfalfa beetle, *Subcoccinella vigintiquattuor punctata* L. (col., Coccinellidae). Acta, Phytopath. Hung., 8, 207-215.
- ALI M.A., SALEM M.S. (1978) Feeding of larvae of the silkworm *Philosamia ricini* Bois under the influence of different photoperiods. Acta. Phytopath. Acad. Sci. Hung., 13, 197-204.
- ANDERSON N.H., SEDELL J.R. (1979) Detritus processing by macroinvertebrates in a stream ecosystem. Annu. Rev. Entomol., 24, 352-377.
- BERNAYS E.A., CHAPMAN R. F. (1978) Plant chemistry and acridid feeding behaviour in 'Biological aspects of plant and animal co-evolution' (J. B. Harborne, ed.) Academic Press, New-York, pp. 99-141.
- BERNAYS E. A., SIMPSON S. J. (1982) Control of food intake. Adv. Insect Physiol. 16: 59-118.
- BUXTON P.A. (1930) The biology of a blood sucking bug *Rhodnius prolixus*. Trans. Entomol. soc. London. 78, 227-236.
- DAVEY P.M. (1954) Quantities of food eaten by the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk) in relation to growth. Bull. Entomol. Res. 45: 539-551.
- EMLEN J. M. (1973) Ecology, An evolutionary approach, Addison - Wesley, Reading, Massachusetts.
- FRIEND W.G., SMITH J.B. (1977) Factors affecting feeding by blood sucking insects. Ann. Rev. Entomol. 22, 309-331.
- GOETTEL M.S., PHILOGENE B.J.R. (1978) Effect of photoperiod and temperature on the development of a univoltine pupation of the banded woolly bear, *Pyrrharctia* (Isia) *Isabella* J. Insect. Physiol. 24, 523-527.
- HANUMAPPA T. V. (1988) Effect of temperature on food and water utilization in different races of the silkworm *Bombyx mori* L. M. Phil. Dissertation, Bangalore University, Bangalore, pp. 114.

- HOLLING C. S. (1966) The functional response of invertebrate predators to prey density Mem. Entomol. Soc. Can. 48, 1-86.
- LAWTON J. H. (1971) Ecological energetic studies on larvae of the Damselfly *Zygoptera* *Zygoptera* *nymphula* (Sulzer) (Odonata, Zygoptera). J. Ani. Ecol., 47, 187-216.
- LANGLEY P.A. (1976) Initiation and regulation of ingestion by haematophagous arthropods. J. Med. Entomol. 13, 121-130.
- MAYNARD A.L., LOOSLI K.J. (1962) In animal nutrition, 5th Edn., New York, Mc Graw Hill, pp 533.
- MERRITT T.E., WALLACE J.B. (1981) Filter feeding insects. Sci. Am. 244, 131-147.
- MUTHUKRISHNAN J., PANDIAN T.J. (1987) Insecta in animal energetics (T.J. Pandian, F.J. Vernberg, ed.) Academic Press, New-York, pp. 523.
- PREMALEELA B. (1986) Ecophysiological studies in a few Lepidopteran insects. Ph. D. Thesis, Bangalore University, Bangalore, pp. 117.
- SALEM M.S. (1974) Feeding of the silkworms, *Philosamia ricini* Boisd., with consideration to silk production Ph. D. Thesis Fac. Agric. Cairo University.
- STOCKNER J.H. (1971) Ecological energetic and natural history of *Wedriodisus truquii* Diptera, in two thermal spring communities. J. Fish. Res. Can. 28, 73-94.
- WALDBAUER G. P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. In advances in insect physiology (eds., J.W.L. Beament, J.W. Treherne, V.B. Wigglesworth (New York, Academic Press); Vol. 5, 229-288.

INFLUENCE DE LA PHOTOPERIODE SUR L'UTILISATION DE NOURRITURE CHEZ LE VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. (LEPIDOPTERA : BOMBYCIDAE)

F. B. ASIYA NUZHAT* & M. R. DELVI

Department of Zoology, Bangalore University, Bangalore - 560 056, Inde.

*Nous présentons l'effet de la photopériode et de la scotopériode sur l'absorption et l'utilisation de la nourriture de l'éclosion à la nymphose chez *Bombyx mori* nourri ad libitum avec *Morus alba*. La consommation et les différents taux d'alimentation, d'assimilation et de conversion varient considérablement en fonction de la durée d'éclairement. Les taux baissent quand le poids des larves augmente et la relation est linéaire pendant la scotopériode et la photopériode chez les trois races de ver à soie *Bombyx mori* testées. Le taux d'alimentation de l'éclosion à la nymphose est de 0,7479 mg/mg/jour pour la race Pure Mysore. A peu près 53 % de la nourriture ingérée sont assimilés, 15 % de la nourriture assimilée sont convertis en substances corporelles et environ 85 % sont utilisés pour la respiration. A la nymphose, les larves contiennent environ 10 % de la totalité de la nourriture assimilée.*

INTRODUCTION

Les insectes ont élaboré un certain nombre de stratégies dans des conditions environnementales données pour disposer et accumuler suffisamment de nutriments énergétiques et d'eau provenant de la nourriture disponible. L'information sur la régulation de l'absorption de nourriture a été examinée en détail dans plusieurs revues (herbivores, Bernay et Chapman, 1978; Bernays et Simpson, 1982; carnivores, Holling, 1966; sanguinivores, Buxton, 1930 ; Langley, 1976 ; Friend et Smith, 1977; détritivores aquatiques, Anderson et Sedell, 1979 ; Merritt et Wallace, 1981). Quels que soient le type de nourriture consommée et le type de consommation de nourriture, chez les insectes le plus important est non seulement la minimisation du coût du nourrissage mais aussi la maximisation de l'absorption des nutriments, de l'énergie et de l'eau (Emlen, 1973), l'achèvement du cycle de vie et la ponte d'oeufs viables.

La lumière joue un rôle crucial sur les adaptations écologiques liées à l'utilisation de la nourriture, l'activité, le déterminisme de la diapause estivale et hivernale, le choix de l'hôte et la diapause hivernale, le choix de l'hôte et le voltinisme (Ali et Salem, 1978; Goettel et Philogene, 1978). Le rôle de la photopériode sur la synchronisation de la consommation de nourriture est différent (Ali, 1973) et est considéré comme l'un des facteurs biotiques qui a un effet sur le développement et sur la production de soie (Salem, 1974), qui à son tour est influencé par d'autres facteurs abiotiques (Ali et Salem, 1976). L'information sur l'effet de la photopériode sur l'absorption et l'utilisation de nourriture chez les insectes (Premaleela, 1986), particulièrement chez le ver à soie, est rare (Ali et Salem, 1978; Goettel et Philogene, 1978). Cet article décrit l'influence de la photopériode sur la consommation et l'utilisation de nourriture, chez trois races différentes du ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L.

* Adresse actuelle : Department of Zoology, Government Science College, Nrupthunga Road, Bangalore - 560 001, Inde.

MATERIELS ET METHODES

Des pontes saines de *Bombyx mori*, de races Pure Mysore et NB4D2 et d'hybrides, ont été obtenues auprès du Département de sériciculture et sont disposées dans des terrariums séparés (dimension du plateau en plastique 36 × 26 × 4 cm) et maintenues dans une enceinte avec un minuteur et nourries *ad libitum* avec de la feuille de mûrier de *Morus alba* à une température constante de 26 ° C, 80 ± 10 % d'humidité relative, avec une intensité de lumière de 150 lux. Cinq cent larves de chaque race, fraîchement écloses, sont sélectionnées, pesées, et disposées en trois répétitions. Les larves sont exposées à des photopériodes différentes : 24 heures de lumière par jour ; 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité par jour ; 12 heures de lumière (jour) et 12 heures d'obscurité (nuit) par jour et 24 heures d'obscurité par jour respectivement, de l'éclosion à la nymphose. La quantité de nourriture absorbée quotidiennement est calculée en suivant la méthode gravimétrique standard décrite par Waldbauer (1968). Les taux généraux sont calculés d'après la méthode décrite par Muthukrishnan et Pandian, 1987. Pour estimer la quantité de nourriture sèche convertie en substances corporelles, quelques larves sont séchées juste avant de commencer les expériences d'alimentation respectives et les poids secs des larves choisies (Sacrifice Method de Maynard et Loosli, 1962) sont mesurés.

Pour exprimer les taux de consommation, de digestion et de conversion de la nourriture chez les insectes, des indices variés et des termes différents d'absorption et d'utilisation de la nourriture ont été conçus par différents chercheurs. Dans cette étude, les taux sont exprimés en termes de mg de nourriture sèche par mg d'insecte vivant par jour.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'absorption et l'utilisation de nourriture chez *Bombyx mori* fluctuent en fonction de l'âge, de la photopériode et de la race. L'ingestion augmente progressivement : elle est minimum pendant les premiers âges et maximum aux derniers âges. Chez les vers exposés à quatre durées d'éclairement différentes, 82 à 84 % environ de l'absorption de nourriture survient au quatrième et au cinquième âges. La différence de consommation devient plus importante quand les larves avancent en âge et il n'y a pas de différence uniforme de comportement alimentaire entre les différentes races. Elle diffère en fonction de la durée d'éclairement et des races. Cependant, la photopériode influence la consommation de nourriture chez toutes les races testées.

Des quantités variables d'excréments sont déféquées par les larves en fonction de la durée d'éclairement et d'obscurité. Les modes d'utilisation de la nourriture pendant des photopériodes différentes chez trois races de *B. mori* à différents âges larvaires sont présentés dans les tableaux I, II et III. L'énergie alimentaire assimilée utilisée pour la respiration a été calculée (elle comprend le produit de l'ecdysis, tout comme la croissance nette ou le poids du corps à la nymphose) à partir de l'ensemble de la nourriture assimilée.

On rencontre des modes similaires d'utilisation de la nourriture chez les races de *B. mori* exogènes, en l'occurrence les races NB4D2 et CB. Les différences principales entre les races exogènes et locales comme témoins peuvent être résumées comme suit. Le taux d'alimentation est le plus élevé chez la race Pure Mysore, soit 0,7479 mg/mg/jour ; tandis qu'il est seulement de 0,5755 mg/mg/jour pour la race NB4D2 et de 0,6561 mg/mg/jour pour la race CB.

L'efficacité d'assimilation moyenne est de 53,1 % chez Pure Mysore tandis qu'elle est de 43,2 % chez NB4D2 et de 37,3 % chez CB. Les larves de race CB convertissent jusqu'à 27,1 %. Les changements de la durée d'éclairement entraînent des changements des modes d'utilisation de la nourriture chez les races *B. mori* testées. Les différences principales peuvent se résumer ainsi :

1. Chez la race Pure Mysore, le taux d'alimentation augmente au-dessus du niveau normal de 0,7479 mg/mg/jour à des photopériodes différentes. De même, chez la race exogène les taux selon la photopériode sont plus élevés que ceux du témoin. Par exemple, il est de 0,5755 mg/mg/jour chez NB4D2 en témoin et de 0,9451 mg/mg/jour à l'obscurité et de 0,8238 mg/mg/jour avec 12 heures

d'éclairement, tandis que chez la race CB le taux passe de 0,6561 mg/mg/jour comme témoin à 1,0981 mg/mg/jour avec 12 heures d'éclairement. Cela peut être dû au fait que la scotopériode tout comme la photopériode influencent le taux d'alimentation.

2. Chez la race Pure Mysore l'efficacité d'assimilation moyenne passe d'une normale de 53,1 % chez le témoin à 70,7 % pendant la scotopériode et est toujours supérieure à 54 % pour toutes les photopériodes. De même, chez la race CB l'efficacité est plus élevée pendant les photopériodes et les scotopériodes que chez le témoin et est de 55,4 % pendant la scotopériode.

3. Il existe des variations entre les conversions de l'alimentation en substances corporelles. Chez la race Pure Mysore, l'efficacité de conversion est de 14,6 % avec 16 heures d'éclairement ; tandis que l'efficacité baisse pour toutes les autres conditions et est comprise entre 7,7 % pour la scotopériode et 10,1 % avec 12 heures d'éclairement.

Chez NB4D2, l'efficacité de conversion est d'environ 18 % à 19 % chez le témoin, mais augmente de manière significative avec la photopériode. Chez la race CB, l'efficacité est la plus élevée pendant la scotopériode soit 28,2 %, à comparer à 27,1 % chez le témoin et à 26 % avec 16 heures d'éclairement. Cependant, l'efficacité descend à 19,4 % avec 12 heures d'éclairement. De tels changements d'efficacité peuvent être attribués à la race à laquelle les larves appartiennent et aussi aux changements de la durée d'éclairement.

Un examen de la littérature révèle que l'efficacité d'assimilation est comprise entre 37,3 % chez l'hybride de *B. mori* avec 12 heures d'éclairement à $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (notre étude) et 79,7 % chez Pure Mysore à 21°C (Hanumappa, 1988). L'efficacité est comprise entre 30 % et 70 % chez les consommateurs primaires. Cependant, l'efficacité peut augmenter jusqu'à 80 %, comme on l'observe chez la race Pure Mysore de *B. mori* et même jusqu'à 88 %, comme on l'observe chez *Pyrrhosoma nymphula* (Lawton, 1971), qui est un consommateur secondaire. Les changements d'efficacité d'assimilation et de conversion peuvent être dus à un ou à la combinaison de plusieurs facteurs comme la race, la température, la photopériode, la qualité de la nourriture, la teneur en eau de la nourriture et même la présence de toxines comme les insecticides. L'efficacité de conversion varie entre 7,7 % pour la race Pure Mysore de *B. mori* (notre étude) et 63 % pour les insectes à croissance rapide comme *Heterodiscidus* (Stoeknor, 1971) et *Schistocerca gregaria* (Davey, 1954). Les insectes à croissance rapide consomment, assimilent et convertissent plus rapidement que les autres insectes et atteignent donc un poids plus élevé que *B. mori*.

EFFECT OF THIAMINE ON COMMERCIAL TRAITS AND BIOCHEMICAL CONTENTS OF THE FAT BODY AND HAEMOLYMPH IN THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

R. B. NIRWANI & B.B. KALIWAL

Post-graduate Department of Studies in Zoology, Karnatak University, Dharwad - 580 003, India.

Oral supplementation with thiamine in different concentrations to silkworm larvae resulted in a significant increase in the larval duration, cocoon weight and shell weight and fecundity when compared with the corresponding parameters of the carrier control. The results also showed a significant increase in the fat body glycogen and haemolymph trehalose contents, whereas, at the higher concentration the protein content of the fat body and haemolymph decreases. Hence, the present investigation indicates that the thiamine may have some stimulatory effect on silkworm larvae.

Keywords: Cocoon, shell, glycogen, trehalose, protein, fat body, haemolymph, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Vitamins are organic nutrients required in small amounts in the diet of vertebrates and invertebrates for proper growth and development. Vitamins are largely synthesised by plants. A few are synthesised by animals (Rajendiran *et al.*, 1993) and the insects (Wakayama *et al.*, 1984). It is considered that vitamins are required because of their function as co-factors of enzymes, and they are needed in little amounts corresponding to that of the appropriate catalytic activity. It has been reported that feeding of butter, vitamin B-complex and glucose smeared leaves to *Antheraea mylitta* resulted in an increase in larval weight, cocoon weight and fecundity (Kumarilalita *et al.*, 1992). Similarly supplementation with vitamin B-complex and ascorbic acid to silkworm is shown to improve the cocoon yield and filament length (Sarker *et al.*, 1995). Bhattacharyya and Mcdda (1981) have shown that vitamin B₁₂ stimulates protein and nucleic acid synthesis by the silkgland of the nistari race of *Bombyx mori*. Similarly pyridoxine is reported to be involved in amino acid metabolism (Friedrich, 1988). These few reports suggest that vitamins play an important role in the metabolic activity and affect the silkworm's economic parameters. Hence, the present investigation was undertaken to study the effect of thiamine on the economic parameters and biochemical changes of the silkworm, *Bombyx mori*.

MATERIALS AND METHODS

The eggs of the bivoltine (NB4D2) silkworm, *Bombyx mori* used in the present investigation were obtained from the Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Thalaghattapur, Bangalore. The hatched silkworm larvae were reared in the laboratory by the improved method of rearing techniques (Krishnaswami, 1978a, b). The fourth instar larvae were divided into five experimental groups, each group consisted of five replications each of 20 worms.

The thiamine was dissolved in distilled water and diluted into 100, 200 and 300 µg/ml solutions. The fresh mulberry leaves were soaked in these concentrations for 15 minutes and then the leaves

were dried and fed to the silkworm, *ad libitum* at IV and V instars. Among the four feedings per day, the feeding of vitamin treated leaves was followed by 3 feedings of untreated leaves. The carrier controls were fed with mulberry leaves soaked in distilled water and the normal controls were fed with untreated leaves. The economic parameters as shown in tables I and II were recorded. The larvae and silkgland weights were taken before the commencement of the spinning activity and the larval duration was calculated up to the completion of the spinning activity. Each mean value is the observation of 10 readings and the experiments were conducted twice to conclude the results.

Biochemical parameters:

The silkworm larvae were dissected in *Bombyx* saline at pH of 6.5 on the 6th day of the V instar. The fat body was immediately collected and used for the glycogen (Sciefter *et al.*, 1950) and protein (Lowry *et al.*, 1951) estimations. The haemolymph collected by amputating one of the thoracic legs in a pre-chilled centrifuge tube, was used for the estimation of trehalose (Roe, 1955) and protein (Lowry *et al.*, 1951). Anthrone positive carbohydrate in the haemolymph is considered as trehalose.

Statistical analysis:

The experiments were designed by the Complete Randomised Block Design (CRBD) method and the data collected were subjected to the analysis of variance (ANOVA) test to determine the significant difference between the parameters of the treatment and control groups (Raghav Rao, 1983). The percent values obtained for the cocooning and hatching percentages, the female and male cocoon shell ratio were transformed into sine angular values.

RESULTS AND DISCUSSION

Thiamine is one of the vitamins which is essential for the growth of the silkworm (Tazima, 1978). The silkworm's thiamine requirement is shown to be 0.5 mg/g of dry diet and the leaves of the food plant of the silkworm, mulberry is shown to contain 6.7 mg/g of dry matter (Tazima, 1978). This information indicates that there is a sufficient amount of thiamine available to the silkworm from its natural food. The feeding of mulberry leaves dipped in different concentrations of thiamine solutions in the present study supplied an additional amount of thiamine to the silkworms but it is not known how much of it is being absorbed by the silkworms. However, the results obtained in the present study suggest that the supply of additional thiamine has some beneficial effects on various parameters studied and the same are discussed below.

The effect of thiamine on commercial traits and biochemical changes in the fat body and haemolymph of the silkworm is presented in the tables I and II and figs 1 and 2.

Larval and silkgland weight:

The larval and silkgland weights in all the thiamine fed groups have not shown any significant change when compared with the corresponding parameters of the carrier control. Similar results in nymphal weights have been reported in locust fed with carnitine, thioktic acid, cobalamin glutathione, adenine, yeast or nucleic acid alone or in certain combinations in the artificial diet casein (Dadd, 1961). The results suggest that thiamine may not have a phagostimulatory effect on the larvae so as to increase the larval and silkgland weights as reported in the case of vitamin C (Thorsteinson, 1958; Ito, 1961, a, b) and folic acid (Nirwani and Kaliwal, 1995) feeding.

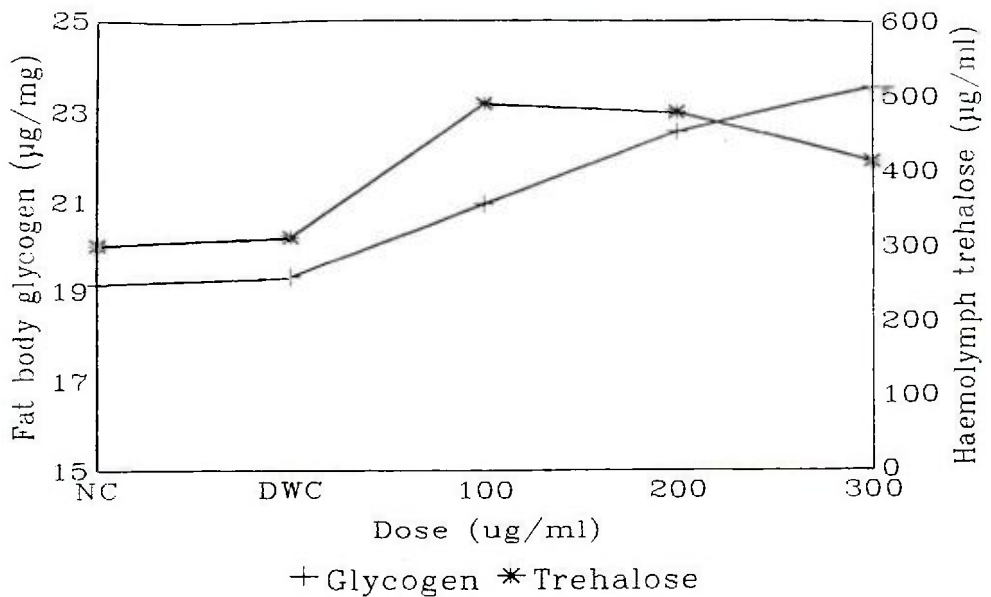
Larval duration:

The larval duration is significantly increased in all the thiamine treated groups when compared with that of the carrier control. A maximum of 9 hours increase was observed in the 200 µg treated group. It is reported that light, an environmental factor, influences the development, time and longevity in *Drosophila* (Philogene and McNeil, 1984) and the vitamins, ascorbic acid, pyridoxine and riboflavin have reduced the sensitivity to light in the *Drosophila melanogaster* (Bruins *et al.*,

1991). The increased larval duration in thiamine treated groups in the present study might possibly be due to the increased sensitivity to the light which consequently might have led to the increased larval duration although the effect of thiamine on larval duration is contrary to that reported for other vitamins in *Drosophila melanogaster* (Bruins *et al.*, 1991).

Survival percentage:

Supplementation with each of the three concentrations of thiamine had no adverse effect on the survival percentage of larvae when compared with that of the carrier control, thereby indicating that the concentrations used are safe for the larvae.



NC - Normal Control DWC - Distilled Water Control

Fig. 1. Effect of thiamine on the fat body glycogen and haemolymph trehalose content of the silkworm, *B. mori*.

Fig. 1. Effet de la thiamine sur le glycogène du corps gras et la teneur en tréhalose de l'hémolymph chez le ver à soie B. mori.

Cocoon weight, shell weight and shell ratio:

The female and male cocoon weights are significantly increased in all the thiamine fed groups except the female cocoon weight in the 100 μg fed group when compared with the corresponding parameters of the carrier control. A maximum increase of 26% male cocoon weight is observed in 100 μg fed group. The female cocoon shell weight is significantly increased in the 200 μg and 300 μg fed groups, whereas the increase in cocoon shell weight in 100 μg female and in all the male groups is not significant. The increase/decrease in the female cocoon shell ratios are not significant and the decrease in the male cocoon shell ratios are significant when compared with that of the carrier control. It has been reported that a higher dose of pyridoxine improved the efficiency in the conversion of dietary nitrogen into cocoon shell (Hamano, 1989). The increase in the cocoon shell weights in the present study might be due to the protein conversion efficiency of the silkgland resulting in the increased cocoon shell weights due to the increased availability of the vitamin as reported by Hamano (1989). However, it is not known why the male cocoon shell weight does not show significant changes. Hence, further study is necessary in this regard.

Egg productivity and hatching percentage:

The egg productivity increased significantly in 100 μg and 200 μg thiamine fed groups whereas the increase in 300 μg fed group was not significant when compared with that of the carrier control. Similar results have been reported by Ito and Arai (1965) and Chuahan and Singh (1992) with the supplementation of vitamin C to silkworm, *B. mori*. The increased egg productivity in the present study may be due to the stimulatory effect of thiamine on the reproductive potential of the silkworm as suggested by Chauhan and Singh (1992). Feeding with thiamine in the larval stage has neither improved the hatchability of eggs nor adversely affected it, as compared with that of carrier control.

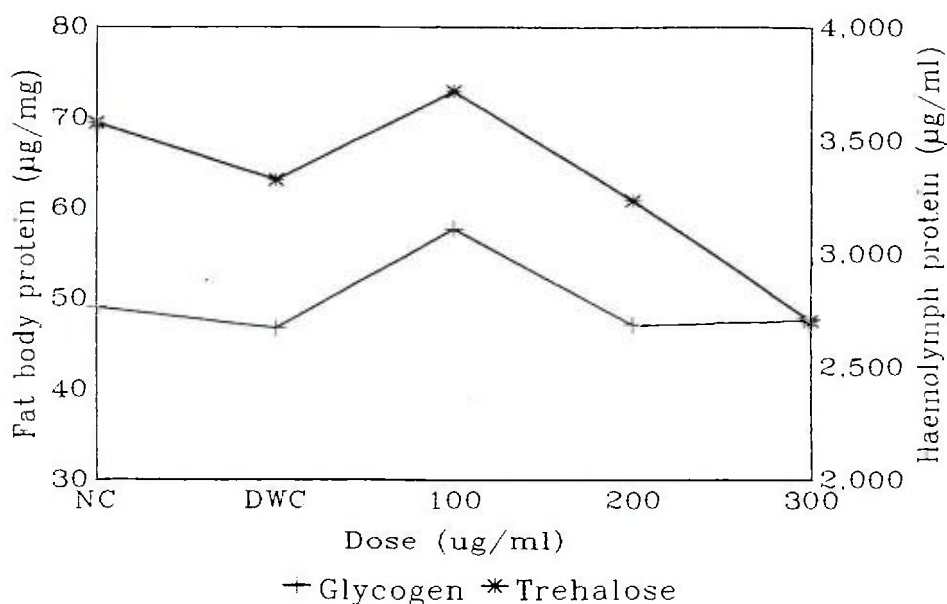


Fig 2. Effect of thiamine on the protein content of the fat body and haemolymph of the silkworm, *B. mori*
 Fig. 2. Effet de la thiamine sur la teneur en protéines du corps gras et de l'hémolymph du ver à soie, *B. mori*.

Table I. Effect of thiamine on pre an post cocoon parameters of the silkworm, *B. mori*.Tableau I. Effet de la thiamine sur les paramètres de la larve et du papillon du ver à soie, *B. mori*.

Treatment	Concentration (µg/ml)	Larval weight (g)	Silk gland weight (g)	Larval duration (hrs)	Survival percentage (%)	Egg productivity (no.)	Hatching percentage (%)
<i>Traitement</i>		<i>Poids larvaire (g)</i>	<i>Poids de la glande séricigène (g)</i>	<i>Durée larvaire (heures)</i>	<i>Pourcentage de survie (%)</i>	<i>Productivité en oeufs (nbre)</i>	<i>Pourcentage d'éclosion (%)</i>
Thiamine	100	3.817 (105)	1.71 (103)	695* (101)	92.30 64.87** (100)	773* (114)	96.18 78.71** (100)
Thiamine	200	3.836 (105)	1.690 (102)	696* (101)	90.60 72.21** (100)	763* (113)	95.80 78.23** (99)
Thiamine	300	3.683 (101)	1.684 (101)	694* (101)	89.08 70.39** (98)	709 (105)	96.22 78.94** (100)
Carrier control <i>Témoin porteur</i>	Distilled water <i>Eau distillée</i>	3.627 (100)	1.652 (100)	687 (100)	90.52 72.06** (100)	675 (100)	96.12 78.60** (100)
Normal control <i>Témoin normal</i>	-	3.489 (96)	1.586 (96)	686 (99)	89.75 71.04** (99)	659 (97)	95.95 78.30** (99)
F-test		NS	NS	S	NS	S	NS
S.E.m ±		0.101	0.042	1.062	1.05	18.56	0.61
C.D. at 5%		0.309	0.125	4.003	3.15	52.16	1.82

* - Significant increase/decrease at 5% / *Augmentation/baisse significative à 5 %*. ** - Angular transformed values / *Valeurs angulaires transformées*.

S - Significant / *Significatif*. NS - Non significant / *Non significatif*. S.E.m ± - Standard error mean / *Intervalle de confiance de la moyenne*.

CD - Critical difference / *Différence critique*.

Percent increase/decrease over that of the carrier control in parenthesis. / *Pourcentage d'augmentation / de baisse par rapport au témoin porteur entre parenthèses*.

Table II. Effect of thiamine on cocoon parameters of the silkworm *B. mori*.Tableau II. Effet de la thiamine sur les paramètres du cocon du ver à soie *B. mori*.

Treatment	Concentration (µg/ml)	Female cocoon weight (g)	Female cocoon shell weight (g)	Female cocoon shell ratio (%)	Male cocoon weight (g)	Male cocoon shell weight (g)	Male cocoon shell ratio (%)
<i>Traitement</i>		<i>Poids du cocon femelle (g)</i>	<i>Poids de la coque soyeuse de la femelle (g)</i>	<i>Richesse soyeuse de la femelle (%)</i>	<i>Poids du cocon mâle (g)</i>	<i>Poids de la coque soyeuse du mâle (g)</i>	<i>Richesse soyeuse du mâle (%)</i>
Thiamine	100	2.184 (103)	0.407 (104)	18.66 25.55** (99)	1.776* (126)	0.382 (108)	21.68* 27.67** (86)
Thiamine	200	2.243* (106)	0.422* (108)	19.23 25.47** (102)	1.723* (122)	0.367 (103)	22.32* 27.06** (88)
Thiamine	300	3.140* (106)	0.433* (111)	19.92 26.60** (105)	1.718* (122)	0.366 (103)	21.59* 26.94** (85)
Carrier control <i>Témoin porteur</i>	Distilled water <i>Eau distillée</i>	2.101 (100)	0.388 (100)	18.80 25.66** (100)	1.402 (100)	0.353 (100)	25.17 29.81** (100)
Normal control <i>Témoin normal</i>	-	2.026 (96)	0.361 (93)	17.90 24.91** (95)	1.337 (95)	0.321 (90)	24.16 29.38** (95)
F-test	-	S	S	NS	S	NS	S
S.Em ±		0.045	0.012	0.530	0.042	0.011	0.62
C.D. at 5%		0.130	0.030	1.44	0.123	0.035	1.82

* Significant increase/decrease at 5% / *Augmentation/baisse significative à 5 %*. ** Angular transformed values / *Valeurs transformées angulaires*.

S- Significant / *Significatif*. NS - Non Significant / *Non significatif*. S.Em ± - Standor error mean / *Intervalle de confiance de la moyenne*.

CD - Critical difference / *Différence critique*.

Percent increase/decrease over that of the carrier control in parenthesis / *Pourcentage d'augmentation / de baisse par rapport au témoin porteur entre parenthèses*.

Biochemical parameters:

Effect on fat body glycogen and haemolymph trehalose:

Feeding with each concentration of thiamine to the silkworm larvae has significantly increased the fat body glycogen and haemolymph trehalose contents. A maximum increase of 21% glycogen and 5% trehalose are observed in 300 µg and 100µg contents fed groups respectively (Fig. 1). Increase in fat body glycogen has been reported after supplementing the feed with vitamin A to the eri silkworm, *Philosamia ricini* (Padaki, 1991). The increase in the glycogen contents of the fat body and trehalose content of the haemolymph might possibly be due to the stimulatory effect of thiamine on the increased food consumption and conversion as reported for vitamin C in *B. mori* (Thorsteinson, 1958; Ito, 1961, a, b).

Effect on the protein content of the fat body and haemolymph:

The protein content of the fat body and of the haemolymph is significantly increased only in the 100 µg thiamine fed group, whereas in the remaining two groups the protein content of the fat body is almost unchanged significantly when compared with that of carrier control. The protein content of the haemolymph decreased in the 300 µg group (fig 2). However, in all these thiamine fed groups the silkgland weight is unaffected (Table I). Although the protein content of the fat body and haemolymph is significantly increased in 100 µg treated group, it has not led to the subsequent increase in the cocoon shell weights whereas only the female cocoon shell weight is significantly increased (Table II). Hence, further investigation is essential to confirm the above findings.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their sincere thanks to Karnatak University, Dharwad for providing financial assistance and to Prof. V.L. Kallapur, Chairman and late Prof. M.A. Hooli, Post-graduate Department of Studies in Zoology, Karnatak University, Dharwad for providing the necessary facilities and suggestions respectively.

REFERENCES

- BHATACHARYYA A., MEDDA A.K (1981) Effect of cyanocobalamin and cobalt chloride on glycogen content of the silkgland of *Bombyx mori* L. race nistari, Sci. and Cult., 47, 268-270.
- BRUINS B.G., SCHARLOO W., THORIG G.E.W. (1991) Dietary ascorbic acid, Pyridoxine and riboflavin reduce the light sensitivity of larvae and pupae of *Drosophila melanogaster*. Insect Physiol., 21(5), 541-544.
- CHAUHAN T.P.S., SINGH K. (1992) Studies on the effect of ascorbic acid (Vitamin C) on the fecundity in the mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.), Sericologia, 32(4), 567-574.
- DADD R.H. (1961) The nutritional requirement of locusts-IV, requirements for vitamins of the B-complex; J. Insect Physiol., 6, 1-12.
- FRIEDRICH W. (1988) Vitamins, deGruyter, Berlin.
- HAMANO, K. (1989) Effect of dietary pyridoxine content on diet efficiency of the silkworm larvae *Bombyx mori* L. J. Seric. Sci. Japan, 58(3), 245-253.
- ITO T. (1961a) Nutrition on the silkworm, *Bombyx mori* L. IV. Effect of ascorbic acid (English). Bull. Seric. Exp. Sta., 17(1), 134-137.
- ITO T. (1961b) Effect of dietary ascorbic acid on the silkworm, *Bombyx mori* L. Nature, 192, 951-952.
- ITO T., ARAI N. (1965) Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori*: IX Further studies on the nutritive effects of ascorbic acid (English). Bull. Seric. Exp. Sta., 20(1) 16-19.
- KRISHNASWAMI S. (1978a) New technology of silkworm rearing. Bulletin No. 2, CSRTI, Mysore, 1-24.
- KRISHNASWAMI S. (1978b) Improved method of rearing young age (Chawki) silkworms. Bulletin No. 3, CSRTI, Mysore, 1-27.

- KUMARILATA A.K., TRIPATHI SINHA D.P. (1992) Effect of using some food adjuncts with the larval diet on moth weight, fecundity and egg hatchability in *Antheraea mylitta* (Saturniidae: Lepidoptera). *Sericologia*, 32(3), 507-509.
- LOWRY H., ROSEBROUGH N.I., FAR A.I., RANDALI R.J. (1951) Protein measurement with folic phenol reagent. *J. Bio. Chem.*, 193, 265-275.
- NIRWANI R.B., KALI WAL B.B. (1995) Effect of folic acid on economic traits, glycogen and protein contents of the fat body and trehalose and protein contents of the haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*. *Korean J. Seric. Sci.*, 38(2), 118-123.
- PADAKI P.R. (1991) Some aspects of physiology of the eri silkworm, *Philosamia ricini*. Ph. D. Thesis, Karnatak University, Dharwad, India, 48-162.
- PHIOGENE B.J.R., McNEIL J.N. (1984) The influence of light on the non-diapause related aspects of development and reproduction in insects. *Photobiochem. Photobiol.*, 46, 753-761.
- RAGHAVA RAO D. (1983) Statistical techniques in agriculture and biological research, Oxford and IBH, Publishing Co., New Delhi, pp 201-256.
- RAJENDIRAN P.M., HIMANTHARAJ M.T., RAJAN R.K., VEERANNA G.N., MEENAL A., DATTA R.K. (1993) Role of vitamins in silkworm nutrition. *Indian silk*. 31(11), 50.
- ROE J.H. (1955) The determination of sugar in blood and spinal with anthrone reagent. *J. Biol. Chem.*, 242, 424-428.
- SARKER A.A., HAQUE M.R., RAB M.A., ABSAR N. (1995) Effect of feeding mulberry (*Morus* sp.) leaves supplemented with different nutrients to silkworm (*Bombyx mori* L.) *Curr. Sci.*, 69(2), 185-188.
- SCIEFTER S., DAYTON S., NOVIC B., MYNTIYER E. (1950) The estimation of glycogen with anthrone reagent. *Arch. Biochem.*, 25, 191.
- TAZIMA Y. (1978) 'The silkworm': An important laboratory tool. Kodansha Ltd., Tokyo, 150-157.
- THORSTEINSON A.J. (1958) Acceptability of plants for phytophagous insects. *Proc. 10th Intern. Cong. Ent.*, 2, 599-602.
- WAKAYAMA E.J., DILLWITH J.W., HOWARD R.W., BLOMQUIST, G.J. (1984) Vitamin B₁₂ levels selected insects. *Insect Biochem.*, 14(2), 175-179.

EFFET DE LA THIAMINE SUR LES CARACTERES COMMERCIAUX ET LE CONTENU BIOCHIMIQUE DU CORPS GRAS ET DE L'HEMOLYMPHE CHEZ LE VER A SOIE, *BOMBYX MORI* L.

R. B. NIRWANI & B. B. KALIWAL

Post-graduate Department of Studies in Zoology, Karnatak University, Dharwad - 580 003, Inde.

L'apport oral de thiamine à différentes concentrations aux larves de ver à soie entraîne une augmentation importante de la durée larvaire, du poids du cocon, du poids de la coque et de la fécondité par comparaison aux paramètres correspondants chez le témoin porteur. Les résultats montrent aussi une augmentation importante des teneurs en glycogène du corps gras et en tréhalose de l'hémolymphe, tandis que, à une concentration plus élevée la teneur en protéines du corps gras et de l'hémolymphe baisse. Cette étude montre donc que la thiamine a un effet stimulant sur les larves de ver à soie.

INTRODUCTION

Les vitamines sont des nutriments organiques nécessaires en petites quantités dans l'alimentation des vertébrés et des invertébrés pour leur croissance et leur bon développement. Les vitamines sont largement synthétisées par les plantes. Quelques unes sont synthétisées par les animaux (Rajendiran et coll., 1993) et les insectes (Wakayama et coll., 1984). On estime que les vitamines sont nécessaires à cause de leur fonction en tant que co-facteurs des enzymes et elles sont requises en petites quantités pour l'activité catalytique appropriée. Il a été signalé que l'alimentation avec des feuilles recouvertes de beurre, d'un mélange de vitamine B et de glucose chez *Antheraea mylitta* entraîne une augmentation du poids larvaire, du poids du cocon et de la fécondité (Kumarilalita et coll., 1992). De même l'apport d'un mélange à base de vitamine B et d'acide ascorbique au ver à soie améliore le rendement en cocons et la longueur du filament (Sarker et coll., 1995). Bhattacharyya et Medda (1981) ont montré que la vitamine B₁₂ stimule la synthèse de protéines et d'acides nucléiques dans la glande séricigène chez la race nistari de *Bombyx mori*. De même on a signalé que la pyridoxine est impliquée dans le métabolisme des acides aminés (Friedrich, 1988). Ces rapports suggèrent que les vitamines jouent un rôle important dans l'activité métabolique et ont un effet sur les paramètres économiques du ver à soie. L'étude actuelle a donc été entreprise pour observer l'effet de la thiamine sur les paramètres économiques et les changements biochimiques chez le ver à soie, *Bombyx mori*.

MATERIELS ET METHODES

Les oeufs du ver à soie de *Bombyx mori* bivoltin (NB₄D₂), utilisé dans l'étude actuelle ont été obtenus auprès du *Karnataka State Sericulture Research and Development Institute*, Thalaghattapur, Bangalore. Les larves de ver à soie ayant éclos sont élevées en laboratoire d'après les techniques d'élevage amélioré (Krishnaswami, 1978a, b). Les larves de quatrième âge sont divisées en cinq groupes d'expérimentation, chaque groupe comprenant cinq répétitions de 20 vers.

La thiamine est dissoute dans de l'eau distillée et diluée dans des solutions à 100, 200 et 300 µg/ml. Les feuilles de mûrier fraîches sont trempées dans ces concentrations pendant 15 minutes, puis les feuilles sont séchées et données en nourriture au ver à soie, *ad libitum* au quatrième et cinquième âge. Sur les quatre nourrissages quotidiens, un nourrissage avec des feuilles vitaminées est suivi par trois nourrissages avec des feuilles sans traitement. Les témoins avec solvant sont nourris avec des feuilles de mûrier trempées dans de l'eau distillée et les témoins normaux sont nourris avec des feuilles sans traitement. Les paramètres économiques ont été enregistrés et sont présentés dans les tableaux I et II. Les poids des larves et de la glande séricigène sont pris avant le commencement de l'activité de filage et la durée larvaire est calculée jusqu'à la fin de l'activité de filage. Chaque valeur moyenne résulte de dix mesures et les expériences ont été réalisées deux fois pour conclure les résultats.

Paramètres biochimiques :

Les larves de ver à soie sont disséquées dans le tampon salin de *Bombyx* à pH 6,5 le 6ème jour du cinquième âge. Le corps gras est immédiatement recueilli et utilisé pour les estimations en glycogène (Sciefter et coll., 1950) et en protéines (Lowry et coll., 1951). L'hémolymphe, recueillie en amputant l'une des pattes au niveau du thorax dans un tube de centrifugeuse préalablement refroidi, est utilisée pour l'estimation du tréhalose (Roe, 1955) et des protéines (Lowry et coll., 1951). L'hydrate de carbone positif à l'antrone dans l'hémolymphe est considéré comme du tréhalose.

Analyse statistique :

Les expériences sont conçues d'après la méthode d'échantillonnage aléatoire (CRBD) et les données recueillies sont soumises au test d'analyse de variance (ANOVA) pour déterminer une différence significative des paramètres entre le traitement et les groupes témoins (Raghav Rao, 1983). Les valeurs obtenues pour les pourcentages de coconage et d'éclosion, la richesse soyeuse des cocons mâles et femelles sont transformées en valeurs angulaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

La thiamine est l'une des vitamines essentielles à la croissance du ver à soie (Tazima, 1978). On sait que le besoin en thiamine du ver à soie est de 0,5 mg/g d'aliment sec et l'on sait que les feuilles de la plante hôte du ver à soie, le mûrier, contiennent 6,7 mg/g de matière sèche (Tazima, 1978). Cette information indique qu'il y a une quantité suffisante de thiamine présente dans la nourriture naturelle du ver à soie. Dans cette étude, l'alimentation avec des feuilles de mûrier trempées dans des concentrations différentes de solution de thiamine apporte une quantité supplémentaire de thiamine aux vers à soie mais on ne sait pas quelle quantité est absorbée par les vers à soie. Cependant, les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que l'apport supplémentaire de thiamine a des effets bénéfiques sur les divers paramètres étudiés et nous en parlerons plus loin.

L'effet de la thiamine sur les traits commerciaux et les changements biochimiques dans le corps gras et l'hémolymphe du ver à soie est présenté dans les tableaux I et II et dans les figs 1 et 2.

Poids de la larve et de la glande séricigène :

Les poids de la larve et de la glande séricigène chez tous les groupes nourris avec de la thiamine ne présentent pas de changement significatif par rapport aux paramètres correspondants chez le témoin. Des résultats similaires pour le poids nymphal ont été signalés chez la sauterelle nourrie avec de la carnitine, de l'acide thioctique, du glutathion de cobalamine, de l'adénine, de la levure ou de l'acide nucléique données seules ou dans certains mélanges de milieu artificiel avec de la caséine (Dadd, 1961). Les résultats suggèrent que la thiamine n'aurait peut-être pas un effet phagostimulateur sur les larves susceptible d'augmenter les poids de la larve et de la glande séricigène comme on l'a signalé dans le cas de l'administration de vitamine C (Thorsteinson, 1958 ; Ito, 1961, a, b) et d'acide folique (Nirwani et Kaliwal, 1995).

Durée larvaire :

La durée larvaire augmente de manière importante chez tous les groupes traités avec de la thiamine quand on les compare au témoin porteur. On observe une augmentation maximum de 9 heures chez le groupe traité avec 200 µg. Il a été signalé que la lumière, un facteur environnemental, influence le développement, la durée et la longévité chez *Drosophila* (Philogene et McNeil, 1984) et que les vitamines, l'acide ascorbique, la pyridoxine et la riboflavine réduisent la sensibilité à la lumière chez *Drosophila melanogaster* (Bruins et coll., 1991). Dans l'étude actuelle, l'augmentation de la durée larvaire chez les groupes traités à la thiamine pourrait être due à l'augmentation de la sensibilité à la lumière, ce qui par conséquent pourrait avoir entraîné une augmentation de la durée larvaire bien que l'effet de la thiamine sur la durée larvaire observé ici est contraire à celui signalé pour d'autres vitamines chez *Drosophila melanogaster* (Bruins et coll., 1991).

Pourcentage de survie :

L'apport de thiamine à chacune des trois concentrations n'a pas d'effet adverse sur le pourcentage de survie des larves comparé à celui du témoin, ce qui indique que les concentrations utilisées sont sans danger pour les larves.

Poids du cocon, poids de la coque et richesse soyeuse :

Les poids du cocon mâle et femelle augmentent de manière importante chez tous les groupes nourris avec de la thiamine sauf le poids du cocon femelle chez le groupe traité à 100 µg comparé aux paramètres correspondants du témoin. Une augmentation maximum de 26 % pour le poids du cocon est observée chez le groupe traité à 100 µg. Le poids de la coque de la femelle augmente de manière importante chez les groupes nourris à 200 µg et 300 µg, tandis que l'augmentation du poids de la coque chez les femelles traitées à 100 µg et chez tous les groupes mâles n'est pas importante. L'augmentation/la baisse des richesses soyeuses du cocon femelle ne sont pas importantes et la baisse de la richesse soyeuse chez le cocon mâle est importante quand on la compare à celle du témoin porteur. Il a été observé qu'une dose élevée de pyridoxine améliore l'efficacité de conversion de l'azote végétale en coque (Hamano, 1989). L'augmentation des poids des coques dans cette étude pourrait être due à l'efficacité de conversion des protéines dans la glande séricigène qui entraîne l'augmentation des poids des coques grâce à l'augmentation de la disponibilité de la vitamine comme l'a signalé Hamano (1989). Cependant, on ne sait pas pourquoi le poids de la coque du mâle ne présente pas de changements significatifs. Ainsi, des études supplémentaires sont nécessaires à cet égard.

Productivité en oeufs et pourcentage d'éclosion :

La productivité en oeufs augmente de manière importante chez les groupes nourris à 100 µg et 200 µg tandis que l'augmentation chez le groupe nourri à 300 µg n'est pas importante comparée à celle du témoin porteur. Des résultats similaires ont été observés par Ito et Arai (1965) et Chuahan et Singh (1992) avec l'administration de vitamine C au ver à soie, *B. mori*. Dans l'étude actuelle, l'augmentation de la productivité en oeufs est peut-être due à l'effet stimulateur de la thiamine sur le potentiel reproducteur du ver à soie comme l'ont suggéré Chauhan et Singh (1992). L'apport de thiamine au stade larvaire n'a ni amélioré le taux d'éclosion des oeufs ni ne l'a affecté, comparé à celui du témoin porteur.

Paramètres biochimiques :

Effet sur le glycogène du corps gras et le tréhalose de l'hémolymph :

L'apport de thiamine aux larves de ver à soie à chacune des concentrations augmente de manière importante les teneurs en glycogène du corps gras et en tréhalose de l'hémolymph. Une augmentation maximum des teneurs en glycogène de 21 % et du tréhalose de 5 % est observée respectivement chez les groupes nourris à 300 µg et 100 µg (Fig. 1). L'augmentation du glycogène dans le corps gras a été signalée après enrichissement de la nourriture avec de la vitamine A chez le ver à soie cri, *Philosamia ricini* (Padaki, 1991). L'augmentation de la teneur en glycogène du corps gras et de la teneur en

tréhalose de l'hémolymph pourrait être due à l'effet stimulateur de la thiamine sur l'accroissement de la consommation de nourriture et de la conversion comme cela a été signalé pour la vitamine C chez *B. mori* (Thorsteinson, 1958 ; Ito, 1961, a, b).

Effet sur la teneur en protéines dans le corps gras et l'hémolymph :

La teneur en protéines du corps gras et de l'hémolymph n'augmente de manière importante que chez le groupe nourri avec 100 µg, tandis que chez les deux groupes restants la teneur en protéine du corps gras ne change presque pas par rapport à celle du témoin. La teneur en protéines de l'hémolymph baisse dans le groupe à 300 µg (fig 2). Cependant, chez tous les groupes nourris à la thiamine, ceci n'a pas d'effet sur le poids de la glande séricigène (Tableau I). Bien que la teneur en protéines du corps gras et de l'hémolymph augmente de manière importante chez le groupe traité à 100 µg, cela n'entraîne pas d'augmentation conséquente des poids des coques et seul le poids de la coque femelle augmente de manière importante (Tableau II). Des études supplémentaires sont donc nécessaires pour confirmer les résultats obtenus plus haut.

INFLUENCE OF THYROXINE SODIUM TABLETS ON MULBERRY SILKWORM *BOMBYX MORI* L.

R. RAJASHEKHARGOUDA, M. GOPALAN*, S. JAYARAJ* & N. NATARAJAN*

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Dharwad - 580 005, Karnataka, India.

Commercially available thyroxine sodium tablets containing vertebrate hormone thyroxine was tested on mulberry silkworm. Extrafoliation of thyroxine through both the methods (oral and topical) reduced the fifth instar larval duration by improving the economic traits and fecundity of the cross breed (PM × NB₄D₂) at all the concentrations (1 to 2.5 ppm) tested. At 2.5 ppm the silk and egg yield increased from 8.4 to 24.1 and 25.0 to 37.5 in case of oral and from 8.4 to 12.8 and 21.9 to 34.4 per cent in case of topical methods of application.

Keywords: *Bombyx mori*, silkworms, thyroxine, vertebrate hormone.

INTRODUCTION

Recent studies have confirmed that the administration of the thyroxine hormone (pure form) to Nistari (Majumdar and Medda, 1975), Pure Mysore (Magdum and Hooli, 1988), PM × NB₁₈ and NB₁₈ × NB₇ (Anonymous, 1986) increased the silk yield. The present study was undertaken to know the influence of commercially available thyroxine sodium tablets (Warner company) containing a synthetic crystalline hormone of thyroid as it is difficult, costly and not practical to procure oneself with a vertebrate hormone in pure form.

METHODS

The larvae of *B. mori* (PM × NB₄D₂) were cultured in the laboratory as suggested by Krishnaswami (1978). 1, 2.5 and 5 ppm of thyroxine was prepared by dissolving the tablets in water. Two controls namely, a water spray and an absolute control were maintained. Fifty worms of uniform size and age were used per replication by replicating four times. The test sample was administered orally by supplementing through leaf and topically. In the leaf spray method aqueous solution was sprayed using an atomiser once during each of the first four instars and daily once during the fifth instar while the topical application was done once to each of the second, third and fourth instar and daily once during the fifth instar. The standard method for young and late age silkworm rearing was practised by feeding leaves of the M-5 variety of mulberry. Larval, pupal and cocoon characters were assessed. The data collected were statistically analysed, using the completely randomised block design as described by Panse and Sukhatme (1967). Duncan's multiple range test (DMRT) was applied for comparing treatment means. Letter designation was applied for comparing the treatments.

* Department of Agricultural Entomology, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore - 641 003 Tamil Nadu, India.

RESULTS

Larval traits:

Irrespective of the concentration and the methods of testing the larval duration of untreated worms was 208 h which was reduced by 35 h due to the administration of thyroxine. The length of the worm increased from 6.8 to 7.1 (oral method) and from 6.8 to 7.3 cm (topical method) when treated with 2.5 ppm. The fifth instar single larval weight increased from 2.7 to 2.9 g and 2.6 to 3.1 g by oral and topical methods respectively. Maximum weight was effected with 2.5 ppm by both methods of application. Extrafoliation of thyroxine or thyroxine treatment increased the effective rate of rearing (ERR). However, 2.5 ppm registered 84.8 per cent ERR as compared to only 81.9 per cent in untreated.

Cocoon traits:

The pupal weight increased from 1.3 g (untreated) to 1.6 g (2.5 ppm) in both the methods of application. The percent increase in pupal weight was maximum (24.2%) at 2.5 ppm.

Cocoon length and width in untreated larva was 3.3 and 1.8 cm respectively. Of the tested doses 2.5 ppm increased the length and width to 3.9 and 1.9 (oral) and 3.8 and 2.0 cm (topical) respectively. Thyroxine (2.5 ppm) was most effective in increasing the shell weight and shell per cent. Maximum shell weight of 0.340 and 0.353 g and shell ratio of 18.6 and 19.6 per cent was effected in oral and topical methods respectively as compared to 0.294 g and 16.2 and 16.3 shell per cent in case of the control. The single shell weight increased from 12.1 to 17.2 and from 6.6 to 16.9 per cent while the shell per cent increased from 4.7 to 14.7 and from 5.7 to 20.1 percent in case of oral and topical methods of application respectively.

Maximum silk filament length of 759.4 and 767.1 m and filament weight of 0.280 and 0.283 g was produced by 2.5 ppm thyroxine applied orally and topically respectively while it was only 639.3 and 636.5 m in length and 0.251 and 0.240 g in weight in case of untreated.

Fecundity:

The moths resulting from worms treated with 2.5 ppm of thyroxine laid 37.5 and 34.4 percent more fertile eggs in oral and topical methods respectively than control.

DISCUSSION

In the present study the use of 2.5 ppm of thyroxine sodium tablet effectively increased the silk yield in oral and topical methods respectively by decreasing the fifth instar larval duration. This is in accordance with the reports of Majumdar and Medda (1975); Murthy (1985); Thygaraj *et al.* (1985) and Anonymous (1986) who have recorded an improvement in the silk yield and a reduction in the total larval period in the case of the Nistari, PM $\times$ NB₄D₂ and NB₇, NB₁₈ and PM races and the PM $\times$ NB₁₈, NB₁₈ $\times$ NB₇ breeds respectively though by using the pure form of thyroxine hormone. Thyroxine functions as an indispensable constituent of the body system and influences important physiological processes of growth and development in vertebrates (Underwood, 1953; Tata, 1963, 1970a, b). This physiological stimulation probably has lead to a remarkable larval growth leading to increased food consumption, cocoon weight and silk percent as observed in the present study. Other vertebrate hormones such as CAMP and Prostglandin-E sprayed on fifth instar silkworms also enhanced the pupal weight and cocoon shell weight (Singh and Datta, 1980). This is comparable to the results of the present study in respect to enhanced pupal weight and cocoon shell weight by both methods of application.

Table I. Effect of thyroxine on *B. mori* L. (Race: PM × NB4D2)Tableau I. Effet de la thyroxine chez *B. mori* L. (Croisement : PM × NB4D2).

Characters	Topical						Oral					
	1.0	2.5 (ppm)	5.00	Water spray	Absolute control	C D (P = 0.05)	1.0	2.5 (ppm)	5.00	Water spray	Absolute control	CD (P = 0.05)
Caractères	Application topique						Application orale					
	1	2,5 (ppm)	5,00	Pulvérisa- tion d'eau	Témoin absolu	D C (P = 0,05)	1,0	2,5 (ppm)	5,00	Pulvérisation d'eau	Témoin absolu	DC (P = 0,05)
Larval Duration (h) <i>Durée larvaire (h)</i>	172.8 ^b (-16.6)	172.5 ^b (-16.6)	172.8 ^b (-16.6)	207.5 ^a	207.8 ^a	0.9	172.8 ^b (-16.6)	172.5 ^b (-16.6)	172.5 ^b (-16.6)	207.5 ^a	207.8 ^a	0.9
Larval length (cm) <i>Longueur larvaire (cm)</i>	6.9 ^b (2.6)	7.3 ^a (6.5)	7.0 ^b (2.8)	6.8 ^b	6.8 ^b	0.2	6.8 ^b (0.1)	7.1 ^a (4.9)	7.0 ^{ab} (3.2)	6.8 ^b	6.8 ^b	0.2
Larval weight (g) <i>Poids larvaire (g)</i>	2.7 ^b (2.6)	3.1 ^a (6.5)	2.8 ^b (2.8)	2.6 ^b	2.7 ^b	0.2	2.7 ^b (2.6)	2.9 ^a (8.3)	2.8 ^{ab} (4.9)	2.6 ^b	2.7 ^b	0.2
Effective rate of rearing <i>Taux effectif d'élevage (%)</i>	82.8 ^b (1.0)	84.8 ^a (3.4)	83.0 ^b (1.3)	81.9 ^c	81.9 ^c	0.3	82.8 ^b (1.0)	84.8 ^a (3.5)	83.0 ^b (1.3)	81.9 ^c	81.9 ^c	0.3
Cocoon length (cm) <i>Longueur du cocon (cm)</i>	3.8a (14.3)	3.8a (6.5)	3.8a (2.8)	3.4b	3.3b	0.14	3.7b (13.1)	3.9a (18.9)	3.8ab (16.2)	3.3c	3.3c	0.2
Cocoon width (cm) <i>Largeur du cocon (cm)</i>	1.9b (5.1)	2.0a (12.4)	1.9ab (8.4)	1.7c	1.8c	0.1	1.8ab (3.4)	1.9a (7.3)	1.8b (4.5)	1.8b	1.8b	0.1
Cocoon weight (g) <i>Poids du cocon (g)</i>	1.8ab (7.2)	1.9a (12.4)	1.8ab (8.4)	1.7b	1.7b	0.2	1.8ab (7.2)	1.9a (19.9)	1.8ab (10.8)	1.7bc	1.7bc	0.3
Pupal weight (g) <i>Poids pupal (g)</i>	1.5c (10.6)	1.6a (24.2)	1.6b (17.4)	1.3d	1.3d	0.13	1.4ab (9.1)	1.6a (24.2)	1.4ab (9.1)	1.3b	1.3b	0.3

Table I. (Continued).

Tableau I. (Suite).

Characters	Topical						Oral					
	1.0	2.5 (ppm)	5.00	Water spray	Absolute control	C D (P = 0.05)	1.0	2.5 (ppm)	5.00	Water spray	Absolute control	CD (P = 0.05)
Caractères	Application topique						Application orale					
	1	2,5 (ppm)	5,00	Pulvérisa- tion d'eau	Témoin absolu	D C (P = 0,05)	1,0	2,5 (ppm)	5,00	Pulvérisation d'eau	Témoin absolu	DC (P = 0,05)
Shell weight (g) <i>Poids de la coque (g)</i>	0.322bc (6.6)	0.353a (16.9)	0.328b (8.6)	0.294d	0.297d	0.02	0.334a (12.1)	0.340a (17.2)	0.374a (12.1)	0.294b	0.294b	0.02
Shell percentage (%) <i>Richesse soyeuse (%)</i>	17.2b (5.7)	19.6a (20.1)	18.1ab (10.9)	16.3b	16.3b	2.2	16.9ab (4.7)	18.6a (14.7)	18.1ab (11.7)	16.2b	16.2b	2.1
Silk filament length (m) <i>Longueur du filament de soie (m)</i>	685.8bc (4.6)	767.1a (17.0)	731.5ab (11.6)	655.6c	636.5c	55.1	707.2b (10.0)	759.4a (18.1)	755.2a (17.5)	642.8c	639.3c	47.3
Silk filament weight (g) <i>Poids du filament de soie (g)</i>	0.244ab (1.66)	0.283a (24.24)	0.253ab (17.42)	0.241b	0.240b	0.04	0.258b (9.09)	0.280a (24.24)	0.272ab (12.87)	0.251b	0.251b	0.02
Fecundity (g) <i>Fécondité (g)</i>	0.4b (21.9)	0.4a (34.4)	0.4b (21.9)	0.3c	0.3c	0.03	0.4b (25.0)	0.4a (37.5)	0.4a (34.4)	0.3c	0.3c	0.03

Means followed by the same letter in a row are not significantly different by least difference criterion ($P = 0.05$). Figures in parentheses indicate the percent increase (+) or decrease (−) over control.

Les moyennes suivies par la même lettre dans une ligne ne sont pas significativement différentes d'après le critère de moindre différence ($P = 0.05$). Les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage d'augmentation (+) ou de diminution (−) par rapport au témoin.

The increase in the fecundity rate of moths (PM $\times$ NB₄D₂) resulting from the thyroxine treatment was between 25.0 and 37.5 and 21.9 and 34.4 percent in oral and topical methods respectively. This is in close corroboration with the findings of Thyagaraj *et al.*, (1985) reporting a fecundity rate increase of 29 per cent in multivoltine and 4 to 5 per cent in bivoltine race and Murtny (1985) observing 16.2 per cent in the PM $\times$ NB₁₈ race. This increased fecundity is due to the acceleration of vitellogenesis in insects due to the increased function of topocytes in the germarium as suggested by Landa (1970).

Easily and commercially available thyroxine sodium tablets containing a synthetic crystalline hormone of thyroid can be used effectively at an optimum dose of 2.5 ppm either by spraying or by supplementing through mulberry leaf to reduce the fifth instar larval duration of PM $\times$ NB₄D₂ by about 35.0 h and to improve the economic traits and the fecundity of moths.

REFERENCES

- ANONYMOUS, 1986. Studies on the application of thyroxine in silkworm. Annual report. Central Silk Board, Bangalore p 60.
- KRISHNASWAMI S., 1978. New technology of silkworm rearing II. Indian Silk, 16: 7-15.
- LANDA V., 1970. Coll. Inst. Cent. Nat. Res. Sci., 189: 411-415
- MAGDUM S.B. & HOOLI, M.A., 1988. Effect of thyroxine on the polyvoltine silkworm, the Pure Mysore breed of *Bombyx mori*. Environ. Ecol., 64: 863-868.
- MAJUMDAR A.C., MEDDA A.K 1975. Studies on the thyroxine and vitamin B₁₂ induced changes in the life cycle of silkworms. Ind. J. Physiol. and Allied Sci., 29: 1-13.
- MURTHY C.V, 1985. Effect of thyroxine on the growth and development of the silkworm, *Bombyx mori* L. J. Serie. Sci. Jpn. 56(4): 351-352.
- PANSE V.G., SUKHATME P.V. 1967. Statistical methods for agricultural workers. Indian Council of Agricultural Research Publication. New Delhi.
- SINGH B.D., DATTA S., 1980. Effect of cyclic (C-AMP) and prostlandin. E., on post embryonic development of silkworm *Bombyx mori* L. Indian J. Entomol. 42: 197-201.
- TATA J.R., 1963. Inhibition of the biological action of thyroid hormones by actinomycin-D and puromycin. Nature, 197: 1167-1168.
- TATA J.R. 1970a. Biochemical actions of hormones, Ed. Litwick, C. Vol. III, Academic Press, New York.
- TATA J.R. 1970b. Co-ordination between membrane phospholipid synthesis and accelerated biosynthesis of cytoplasmic ribonucleic acid and protein. Biochem. J. 116: 617-630.
- THYAGARAJ B.S., JOLLY M.S., DATTA R.K., MURTHY C.V.N. 1985. Effect of thyroxine on silk improvement in *Bombyx mori* L. Indian J. Serie 24(2): 77-82.
- UNDERWOOD J., 1953. Biochemistry and physiology of nutrition Ed. Bourne G.H and G.W. Kidder, Vol. II. Academic Press, New York.

INFLUENCE DES COMPRIMÉS DE THYROXINE SUR LE VER A SOIE DU MURIER *BOMBYX MORI* L.

R. RAJASHEKHARGOUDA, M. GOPALAN, S. JAYARAJ & N. NATARAJAN

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Dharwad - 580 005, Karnataka, Inde.

Des comprimés de thyroxine disponibles dans le commerce, contenant l'hormone de vertébrés thyroxine, ont été testés sur des vers à soie du mûrier. L'extrafoliation de la thyroxine par les deux méthodes (orale et topique) a réduit la durée du cinquième âge larvaire en améliorant les traits économiques et la fécondité du croisement (PM × NB₄D₂), pour toutes les concentrations testées (de 1 à 2,5 ppm). A 2,5 ppm les rendements en soie et en oeufs ont augmenté respectivement de 8,4 à 24,1 % et de 25,0 à 37,5 % par la méthode orale, de 8,4 à 12,8 % et de 21,9 à 34,4 % par la méthode de l'application topique.

INTRODUCTION

De récentes études ont confirmé que l'administration de thyroxine (sous sa forme pure) aux variétés Nistari (Mafumdar et Medda, 1975), Pure Mysore (Magdum et Hooli, 1988), PM × NB₁₈ et NB₁₈ × NB₇ (Anonyme, 1986) augmentait le rendement de la soie. L'étude actuelle a été entreprise afin de déterminer l'influence des comprimés de thyroxine disponibles dans le commerce, (Compagnie Warner), contenant une hormone thyroïdienne de synthèse, puisqu'il est difficile, coûteux et peu commode de se procurer de l'hormone de vertébré sous une forme pure.

METHODES

Les larves de *B. mori* (PM × NB₄D₂) ont été élevées en laboratoire selon les recommandations de Krishnaswami (1978). Des dilutions à 1 ; 2,5 et 5 ppm de thyroxine ont été préparées en dissolvant les comprimés dans de l'eau. Deux témoins ont été maintenus, à savoir une vaporisation d'eau et un témoin absolu. Cinquante vers de taille et d'âge identiques ont été utilisés dans chaque répétition, 4 répétitions par essai ayant été réalisées. Chaque échantillon testé a été administré oralement avec des feuilles de mûrier et de manière topique.

La méthode par pulvérisation des feuilles, a consisté à pulvériser une solution aqueuse à l'aide d'un atomiseur, une fois pendant chacun des quatre premiers âges et une fois par jour pendant le cinquième âge alors que l'application topique fut effectuée une fois pendant le deuxième, troisième et quatrième âge et une fois par jour pendant le cinquième âge. La méthode type pour l'élevage des vers à soie jeunes et d'âge avancé, a été effectuée en les nourrissant de feuilles de mûrier de la variété M-5. Les caractères larvaires, nymphaux et du cocon ont été évalués. Les données récoltées ont été analysées statistiquement, en utilisant la méthode d'échantillonnage aléatoire, décrite par Panse et Sukhatme (1967). Le test à classement multiple de Duncan (DMRT) a été appliqué afin de comparer les moyens de traitement. La désignation de lettres a été appliquée pour la comparaison des traitements.

RESULTATS

Caractéristiques larvaires

Quelles que soient la concentration et les méthodes de test, la durée larvaire est de 208 h chez les vers non traités. Cette durée fut réduite de 35 h en raison de l'administration de la thyroxine. Lorsque traités avec 2,5 ppm, la longueur des vers augmenta de 6,8 à 7,1 cm (par la méthode orale) et de 6,8 à 7,3 cm (par la méthode topique). Le poids d'une larve au cinquième âge augmenta respectivement de 2,7 à 2,9 g et de 2,6 à 3,1 g selon les deux méthodes d'application. Le poids maximum a été obtenu avec 2,5 ppm par les deux méthodes d'application. L'extrafoliation de la thyroxine ou le traitement à la thyroxine augmentent le taux effectif d'élevage (ERR). Avec 2,5 ppm on enregistre 84,8 pour cent d'ERR comparé à seulement 81,9 pour cent chez les non traités.

Caractéristiques du cocon

Le poids de la chrysalide passe de 1,3 g (non traitée) à 1,6 g (2,5 ppm) pour chacune des deux méthodes d'application. Le pourcentage d'augmentation du poids de la chrysalide est maximum (24,2 %) à 2,5 ppm.

La longueur et la largeur des cocons chez les larves non traitées sont respectivement de 3,3 cm et de 1,8 cm. Avec une dose de 2,5 ppm, la longueur passe à 3,9 cm et la largeur à 1,9 cm (par la méthode orale), et à 3,8 cm et 2,0 cm par la méthode topique.

La thyroxine s'est montrée des plus efficaces dans l'augmentation du poids de la coque et de la richesse soyeuse.

Le poids maximum de la coque, obtenu avec la méthode orale est de 0,340 g et celui avec la méthode topique est de 0,353 g. Quant à la richesse soyeuse, le taux maximum obtenu par la méthode orale est de 18,6 et de 19,6 % par la méthode topique, alors que pour les témoins le poids était de 0,294 g et la richesse soyeuse de 16,2 et de 16,3 %. Lors des applications orales et topiques respectivement, le poids d'une coque augmente respectivement de 12,1 à 17,2 % et de 6,6 à 16,9 % alors que la richesse soyeuse augmente de 4,7 à 14,7 % et de 5,7 à 20,1 %.

La longueur maximum de la bave de soie a été obtenue après traitement à la thyroxine à 2,5 ppm. Elle est de 759,4 m par application orale et de 767,1 m par application topique pour un poids de 0,280 et 0,283 g respectivement. Dans le cas des témoins, la longueur est de 639,3 et 636,5 m et le poids de 0,251 et 0,240 g respectivement.

Fécondité

Les papillons provenant de vers traités avec 2,5 ppm de thyroxine pondirent 37,5 % (par la méthode orale) et 34,4 % (par la méthode topique) de plus d'oeufs fertiles que ceux provenant de témoins.

DISCUSSION

Dans l'étude présente, l'utilisation de comprimés de thyroxine à 2,5 ppm augmente de façon notoire le rendement en soie lors des applications orale et topique, tout en diminuant la durée du cinquième stade larvaire. Ceci est en accord avec les rapports de Majumdar et de Medda (1975) ; Murthy (1985) ; Thygaraj et coll. (1985) et Anonyme (1986) qui ont enregistré une amélioration de la richesse soyeuse et une réduction de la durée totale du stade larvaire dans le cas de Nistari, PM × NB₄D₂ et NB₇NB₁₈, des races PM et PM × NB₁₈, NB₁₈ × NB₇, en utilisant pour ces dernières l'hormone thyroxine sous sa forme pure. La thyroxine fonctionne comme un constituant essentiel du corps et influence des processus physiologiques importants de croissance et de développement chez les vertébrés (Underwood, 1953 ; Tata, 1963, 1970 a, b). Cette stimulation physiologique est probablement à l'origine de la croissance remarquable des larves, conduisant à un accroissement de la consommation de nourriture, du poids du cocon et de la richesse soyeuse. D'autres hormones de

vertébrés telles que l'AMPC et la Prostaglandine-E, vaporisées sur des vers à soie à leur cinquième âge, augmentent elles aussi le poids de la chrysalide et de la coque (Singh et Datta, 1980). Ceci est comparable aux résultats de l'étude actuelle en ce qui concerne l'augmentation du poids de la chrysalide et de la coque par les deux méthodes d'application.

L'accroissement du taux de fécondité, provenant du traitement à la thyroxine, chez les papillons (PM $\times$ NB₄D₂), est compris entre 25,0 et 37,5 % par la méthode orale et entre 21,9 et 34,4 % par la méthode topique. Ceci vient confirmer les constatations de Thygaraj et coll. (1985) rapportant un accroissement du taux de fécondité de 29 % chez une race multivoltine, de 4 à 5 % chez une race bivoltine et Murtny (1985) qui obtient un accroissement de 16,2 % chez la race PM $\times$ NB₁₈. Cet accroissement de la fécondité provient de l'accélération de la vitellogenèse des insectes, ceci étant dû à la fonction accrue des topocytes chez le germarium, ainsi que Landa l'avait supposé (1970).

Les comprimés de thyroxine aisément disponibles dans le commerce, contenant une hormone thyroïdienne de synthèse peuvent être utilisés efficacement à une dose optimale de 2,5 ppm, soit en la vaporisant soit en l'insérant dans des feuilles de mûrier, afin de réduire la durée du cinquième âge larvaire de 35,0 h et d'améliorer les traits économiques et la fécondité des papillons, chez le croisement PM $\times$ NB₄D₂.

RESPONSE OF MULBERRY VARIETIES TO LEAF RUST (*CEROTELIUM FICI*) AS INFLUENCED BY FUNGICIDES

S.K. GANGWAR, P.M. PRATHEESH KUMAR, C. ELANGO VAN, R.S. TEOTIA, S.M.H QADRI*, & B. SARATCHANDRA

Central Sericultural Research & Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, India.

*Two promising fungicides namely Carbendazim (Bavistin 50wp) and Copper oxy-chloride (Blitox 50WP) were tested against the leaf rust (*Cerotelium fici* (Kast.) Arth.) disease of mulberry on 10 high yielding mulberry varieties. Both fungicides were equally effective as reflected in the average disease control. However, there was a variation in the response of different genotypes and the disease control by fungicides was maximum in the varieties C-1726 and S-799 and minimum in TR-4. The interaction between the varieties and fungicides was significant which further supported the differential response of the varieties to fungicidal disease control. The varieties also exhibited a varying percentage of leaf defoliation, biomass production and leaf yield and C-1730 gave a maximum leaf yield.*

Keywords: Mulberry, *Morus alba* L., fungicides, disease control.

INTRODUCTION

The fungicidal action in plant disease control is a complex phenomenon and it is sometimes observed that the fungicides showing good results under *in vitro* conditions do not perform equally well in the field. This variation may be due to the different nature of fungicides, their mode of action, tenacity, translocation ability and plant response to fungicides (Nene and Thapliyal, 1993). The morpho-anatomical characters of the host plant play important roles in the success of fungicides against pathogens and these characters being genetically controlled (Biswas and Sen, 1994), there may be different responses of mulberry varieties to fungicidal disease control.

Many evolved mulberry varieties like S-799, S-1635, C-763, C-776, C-1726, C-1729, C-1730, TR-4, TR-10 etc. are either in the field or in the pipeline for popularisation. Carbendazim (Bavistin 50WP) and Copper oxy-chloride (Blitox 50WP) have been reported effective against the leaf rust disease of mulberry (Teotia *et al.*, 1994). It is in this context that these two fungicides were tested against the mulberry leaf rust disease on 10 high yielding varieties to ascertain any possible drift in disease control by fungicides as influenced by the genotypic variation.

* Present address: Zonal Silkworm Seed Project Office, Central Silk Board, Vikas Deep, 7th Floor, 5th Main, 22 Station Road, Lucknow - 226 019, U.P.

MATERIALS AND METHODS

Ten high yielding mulberry varieties were grown in an experimental farm of the Institute (24.11N 88.19E) under a row system with 45cm × 15cm spacing using recommended agricultural practices for irrigated mulberry cultivation in West Bengal (Subba Rao, 1989). The experiment was conducted under a randomised block design with three replications taking a net plot size of 4m × 3m.

Treatments consisted of two fungicides i.e. 0.10% Carbendazim (Bavistin 50WP) and 0.20% copper oxy-chloride (Blitox 50WP) with a parallel check (water spray). The fungicides were sprayed two times at an interval of 10 days during January-February so that the second spray may fall at least 15 days before the brushing date of the spring commercial silkworm crop in the area, that is during the 1st week of February. Data on the leaf rust disease were recorded in 0-5 scale and percent disease indices calculated (Gangwar and Thangavelu, 1991) at the end of February when the above commercial crop is at the fag end. During the same period the mulberry crop was harvested and data on the number of leaves, defoliated leaves, total biomass and leaf yield were recorded. The experiment was conducted during two consecutive years and data analysed statistically.

RESULTS AND DISCUSSION

The available data (table I) show that both the fungicides controlled the disease significantly over the check (water spray) and there was no difference in mean disease intensities under the two fungicides at the tested doses. However, there was a significant variation in the response of genotypes to fungicidal disease control and the varieties C-1726 and S-799 responded better to the same as reflected in the percent disease control over their respective checks. Fungicides resulted in the least disease control on TR-4. Interaction between the fungicides and varieties was significant which further supported the variable response of genotypes to fungicidal disease control. The total number of leaves, the defoliation percentage, the total biomass and the leaf yield also varied under different varieties. The leaf yield was maximum in C-1730 and S-799 and least in TR-4 and TR-10.

The fungicidal action not only depends on their quality but the morphology and anatomy of the leaves also contribute to the success of fungicides in disease control specially through improvement in their tenacity, absorption and translocation (Nene and Thapliyal, 1993). These mulberry varieties differ in their morphology and anatomy (Gupta *et al.*, 1988) and therefore responded differently to the fungicidal disease control. Further, the disease resistance in plant is controlled by genes which are highly influenced by environmental factors and chemicals including pesticides (Bell, 1984). This was evident from the present investigation. Invasion of the leaf rust pathogen on mature leaves and leaf defoliation are known facts (Sengupta *et al.*, 1991; Teotia *et al.*, 1994) and again the varieties by their genetic nature vary in leaf maturity and senescence during a given time under the stress of pathogen interactions. In the present investigation, reduction in biomass and leaf yield with increase in disease intensity might be mainly due to the leaf size rather than due to the leaf number. The variety S-1 showing the highest disease intensity showed equally a higher number of leaves, while the leaf yield was maximum in C-1730 which also showed more defoliation.

Table I. Varietal response to fungicides for the control of leaf rust disease of mulberry.

Tableau I. Réponse variétale aux fongicides pour la lutte contre la maladie de la rouille de la feuille du mûrier.

Variety	Percent disease index				Percent disease control		
	Check	Fun-1	Fun-2	Mean	Fun-1	Fun-2	Mean
	Indice de pourcentage de la maladie				% de résistance à la maladie		
Variété	Témoin	Fun-1	Fun-2	Moyenne	Fun-1	Fun-2	Moyenne
C-1730	26.91 (31.25)	10.63 (19.03)	9.15 (17.60)	15.56 (22.63)	60.50	66.01	63.26
C-1726	30.94 (33.79)	9.63 (18.08)	8.71 (17.17)	16.43 (23.01)	68.86	71.84	70.35
S-1635	28.37 (32.19)	10.82 (19.21)	10.33 (18.75)	16.51 (23.38)	61.86	63.60	62.63
C-1729	29.70 (33.02)	11.06 (19.43)	9.47 (17.92)	16.74 (23.46)	62.74	68.11	65.43
C-776	30.20 (33.34)	11.34 (19.68)	10.85 (19.24)	17.46 (24.08)	62.46	64.06	63.26
S-799	34.18 (35.78)	9.66 (18.10)	11.27 (19.62)	18.37 (24.50)	71.75	67.02	69.39
TR-4	28.86 (32.49)	16.66 (24.09)	9.85 (18.29)	18.46 (24.96)	42.26	65.87	54.07
TR-10	32.28 (34.62)	11.06 (19.43)	13.33 (21.41)	18.89 (25.16)	65.73	58.70	62.22
C-763	31.72 (34.27)	13.10 (21.22)	12.19 (20.44)	19.00 (25.31)	58.68	61.55	60.26
S-1	34.91 (36.22)	12.78 (20.94)	10.53 (18.93)	19.40 (25.36)	63.40	69.84	66.62
Mean / Moyenne	30.81 (33.71)	11.68 (19.98)	10.57 (18.97)	17.68	62.10	65.69	63.90

CD at 5% :

Variety = 1.84, Fungicide = 1.01 and Var X Fun = 3.18 / Variété = 1,84, Fongicide = 1,01 et Var X Fun = 3,18
 Fun-1 = Carbendazim (Bavistin 50 WP) 0.10%. Fun-2 = Copper oxy-chloride (Blitox 50 WP) 0.20% /
 Oxy-chlorure de cuivre (Blitox 50 WP) à raison de 0,20 %.

Figures in parentheses are angular transformed values / Les chiffres entre parenthèses sont les valeurs angulaires transformées.

Table II. Varietal response to fungicides for the control of leaf rust disease of mulberry.

Tableau II. Réponse variétale aux fongicides luttant contre la maladie de la rouille de la feuille du mûrier.

Variety	No. of leaves / plant				Defoliation (%)			
	Check	Fun-1	Fun-2	Mean	Check	Fun-1	Fun-2	Mean
Variété	Nbre de feuilles / plant				Défoliation (%)			
	Témoin	Fun-1	Fun-2	Moyenne	Témoin	Fun-1	Fun-2	Moyenne
C-1730	31.00	32.50	33.00	32.17	9.46	7.13	6.77	7.79
C-1726	31.00	28.25	29.00	29.42	9.48	5.42	6.52	7.14
S-1635	29.50	27.25	28.75	28.50	9.49	6.59	6.88	7.65
S-1729	25.50	25.50	29.75	26.92	7.39	5.18	5.82	6.13
C-776	29.25	29.75	29.00	29.33	7.92	4.88	7.22	6.67
S-799	35.00	28.75	29.50	31.08	10.33	6.15	6.38	7.62
TR-4	31.50	25.75	28.25	28.50	10.89	5.97	6.63	7.83
TR-10	28.00	27.25	23.00	26.08	7.73	5.92	3.83	5.83
C-763	29.75	29.50	31.50	30.25	8.70	5.81	6.57	7.03
S-1	31.75	27.00	31.75	30.17	7.29	5.53	6.99	6.60
Mean / Moyenne	30.23	28.15	29.35		8.87	5.86	6.36	
CD at 5%:								
Variety / Variété				2.60	1.05			
Fungicide / Fongicide				1.42	0.57			
Var X Fun				4.50	1.81			

Fun-1 = Carbendazim (Bavistin 50 WP) 0.10%.

Fun-2 = Copper oxy-chloride (Blitox 50 WP) @0.20% / Oxy-chlorure de cuivre (Blitox 50 WP) à raison de 0.20 %.

Table II Continued

Tableau II. (Suite)

Variety	Total biomass (t/ha)				Leaf yield (t/ha)			
	Check	Fun-1	Fun-2	Mean	Check	Fun-1	Fun-2	Mean
Variété	Biomasse totale (t/ha)				Rendement en feuilles (t/ha)			
	Témoin	Fun-1	Fun-2	Moyenne	Témoin	Fun-1	Fun-2	Moyenne
C-1730	11.69	12.69	14.41	12.92	4.25	4.84	4.81	4.63
C-1726	10.63	11.40	12.54	11.52	3.00	3.58	3.79	3.46
S-1635	14.46	14.39	13.31	14.05	3.25	3.52	3.89	3.55
C-1729	9.47	10.54	10.72	10.14	4.00	4.44	4.56	4.33
C-776	9.29	10.24	11.10	10.21	3.22	3.82	4.33	3.79
S-799	11.99	13.09	13.80	12.96	3.95	4.20	4.43	4.19
TR-4	15.01	14.65	12.29	13.98	3.12	3.49	3.61	3.41
TR-10	11.94	12.94	12.52	12.46	3.32	3.38	3.60	3.44
C-763	11.87	12.24	12.18	12.10	3.77	4.00	3.91	3.89
S-1	11.81	12.40	12.28	12.16	3.41	3.54	3.61	3.52
Mean / Moyenne	11.81	12.42	12.52		3.53	3.88	4.08	
CD at 5% : Variety / Variété			0.73					0.44
Fungicide/Fongicide			0.40					0.24
Var X Fun			1.52					0.78

Fun-1 = Carbendazim (Bavistin 50 WP) @0.10% / à raison de 0,10 %

Fun-2 = Copper oxy-chloride (Blitox 50 WP) @0.20% / Oxy-chlorure de cuivre (Blitox 50 WP) à raison de 0,20 %.

It is therefore concluded that the efficacy of fungicides varies with the genotypic variability of the mulberry plants and hence an ideal combination of fungicide with a given variety would yield best results.

REFERENCES

- BELL A.A. (1981) Biochemical mechanism of disease resistance. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 32, 21-81.
- BISWAS S., SEN S.K. (1994) Genetic control of mulberry diseases. *Sericologia* 34(1), 34-42.
- GANGWAR S.K. & THANGAVELU K. (1991) Occurrence of mulberry diseases in Tamil Nadu. *Indian Phytopath.*, 44(4), 545-549.
- GUPTA B.K., SAUH., CHAKRABORTI S.P., SUBBA RAO G., SARKAR S. & CHAKRABORTY S. (1988) Relationship of stomatal frequency with leaf characters of mulberry (*Morus* sp.) *Bionature*, 8(1), 57-60.
- NENE Y.L. & THAPLIYAL P.N. (1993) Fungicides in Plant Disease Control. III Edition, IBH Publ., New Delhi, 691 pp.

- QADRI S.M.H., DESPANDE D.S. & KARVE A.D. (1984) Fungicidal modification of *Alternaria* blight resistance and retention of fungitoxicity in safflower. *Indian Phytopath.*, 37(2), 399.
- SENGUPTA K., GOVINDAIAH & PRADIP KUMAR (1991) Diseases and pests of mulberry and their control. CSR&TI, Mysore, India, 45 pp.
- SUBBA RAO G. (1989) Field Book of Sericulture for Extension Management. CSR&TI, Berhampore, 61 pp.
- TEOTIA R.S., MANDAL S.K. & SEN S.K (1994) Studies on fungicidal control of leaf rust disease (*Aecidium mori* Berklay) of mulberry. *Sericologia* 34(3), 555-557.

INFLUENCE DES FONGICIDES SUR LA REPONSE DE VARIETES DE MURIER A LA ROUILLE DE LA FEUILLE (*CEROTELIUM FICI*)

S.K. GANGWAR, P.M. PRATHEESH KUMAR, C. ELANGO VAN, R.S. TEOTIA,
S.M.H QADRI & B. SARATCHANDRA

Central Sericultural Research & Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

Deux fongicides prometteurs le Carbendazim (Bavistin 50wp) et l'oxychlorure de cuivre (Blitox 50wp) ont été testés contre la maladie de la rouille de la feuille (*Cerotelium fici* (Kast.) Arth.) sur 10 variétés de murier à haut rendement. Les deux fongicides sont aussi efficaces l'un que l'autre. Cependant, la réponse des différents génotypes varie et la résistance à la maladie est maximale chez les variétés C-1726 et S-799 et minimale chez TR-4. L'interaction entre les variétés et les fongicides est importante ce qui est une preuve supplémentaire de la différence de réaction à la maladie avec les fongicides entre les variétés. Les variétés présentent aussi un pourcentage de défoliation, de production de biomasse et de rendement en feuilles variable. C-1730 donne le rendement maximum en feuilles.

INTRODUCTION

La lutte contre les maladies des plantes avec les fongicides est un phénomène complexe et on observe parfois que les fongicides qui donnent de bons résultats *in vitro* ne donnent pas d'aussi bons résultats dans les conditions naturelles. Cette variation est peut-être due à la nature différente des fongicides, à leur mode d'action, à leur ténacité, à leur capacité de translocation et à la réaction de la plante aux fongicides (Nene et Thapliyal, 1993). Les caractères morpho-anatomiques de la plante hôte jouent un rôle important dans le succès des fongicides contre les pathogènes et ces caractères étant génétiquement contrôlés (Biswas and Sen, 1994), les variétés de murier peuvent avoir des réactions différentes à la maladie avec les fongicides.

De nombreuses variétés de murier mises au point comme S-799, S-1635, C-763, C-776, C-1726, C-1729, C-1730, TR-4, TR-10 etc., ont soit déjà été ou sont en cours de vulgarisation. Il a été signalé que le Carbendazim (Bavistin 50 WP) et l'oxychlorure de cuivre (Blitox 50 WP) étaient efficaces contre la maladie de la rouille de la feuille de murier (Teotia et coll., 1994). C'est dans ce contexte que ces deux fongicides ont été testés contre la rouille du murier sur 10 variétés à haut rendement pour vérifier l'impact possible des fongicides sur la maladie sous l'influence de la variation génotypique.

MATERIELS ET METHODES

Dix variétés de murier à haut rendement ont été cultivées dans une ferme d'expérimentation de l'Institut (24.1 N 88.19 N) en rangées avec 45 cm × 15 cm d'espacement, en utilisant les pratiques agricoles recommandées pour la culture irriguée de muriers dans le Bengale ouest (Subba Rao, 1989). L'expérience a été réalisée selon la méthode d'échantillonnage aléatoire avec trois répétitions dont la taille nette de la parcelle était de 4 m × 3 m.

Les traitements comprenaient deux fongicides, du Carbendazim à 0,10 % (Bavistin 50WP) et de l'oxychlorure à 0,20 % (Blitox 50 WP) avec un contrôle parallèle (vaporisation d'eau). Les fongicides sont vaporisés deux fois à un intervalle de 10 jours en janvier-février, de manière à ce que la seconde vaporisation survienne au moins 15 jours avant la date de la récolte commerciale de printemps du ver à soie dans la région, c'est à dire pendant la 1^{ère} semaine de février. Les renseignements sur la maladie de la rouille sont enregistrés sur une échelle de 0 à 5 et les indices de pourcentage de la maladie sont calculés (Gangwar et Thangavelu, 1991) à la fin de février quand la récolte commerciale touche à sa fin. Pendant la même période, le mûrier est récolté et les données concernant le nombre de feuilles, les feuilles défoliées, la biomasse totale et le rendement en feuilles sont enregistrées. L'expérience a été réalisée pendant deux années de suite et les données ont été analysées de manière statistique.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données obtenues (tableau I) montrent que les deux fongicides luttent de manière significative contre la maladie et qu'il n'y a pas de différence d'intensité moyenne de la maladie entre les deux fongicides aux doses testées. Cependant, la réaction des génotypes à la maladie avec les fongicides varie de manière significative et la réaction des variétés C-1726 et S-799 est la meilleure comme le montre le pourcentage de lutte contre la maladie par rapport aux témoins respectifs. Les fongicides sont moins efficaces contre la maladie chez TR-4. L'interaction entre les fongicides et les variétés est importante, ce qui est une preuve supplémentaire de la réaction variable des génotypes à la maladie avec les fongicides. Le nombre total de feuilles, le pourcentage de défoliation, la biomasse totale et le rendement en feuilles varient aussi chez les différentes variétés. Le rendement en feuilles est maximum chez C-1730 et S-799 et minimum chez TR-4 et TR-10.

L'action des fongicides dépend non seulement de la qualité mais aussi de la morphologie et de l'anatomie des feuilles, qui contribuent aussi au succès de l'utilisation des fongicides contre la maladie surtout pour ce qui est de l'amélioration de leur ténacité, de leur absorption et de leur translocation (Nene et Thapliyal, 1993). Ces variétés de mûrier ont une morphologie et une anatomie différentes (Gupta et coll., 1988) et ont donc une réaction différente à la maladie avec les fongicides. De plus, la résistance à la maladie chez la plante est contrôlée par les gènes qui sont très influencés par les facteurs environnementaux et les produits chimiques y compris les pesticides (Bell, 1984). Ceci est évident d'après l'étude présente. On sait que le pathogène de la rouille de la feuille envahit les feuilles matures et entraîne une défoliation (Sengupta et coll., 1991 ; Teotia et coll., 1994) et là encore la maturité de la feuille et sa sénescence pendant un temps donné sous l'action des interactions du pathogène varient en fonction des variétés en raison de leur nature génétique. Dans l'étude actuelle, la baisse de biomasse et de rendement en feuilles entraînée par l'augmentation de l'intensité de la maladie est peut-être principalement due à la taille de la feuille plutôt qu'au nombre de feuilles. La variété S-1 qui a l'intensité de maladie la plus élevée présente également un nombre de feuilles plus élevé, tandis que le rendement en feuilles est maximum chez C-1730 qui présente aussi le plus de défoliation.

Nous pouvons donc conclure que l'efficacité des fongicides varie avec les génotypes des plants de mûrier et ainsi une combinaison idéale entre fongicide et variété donnée est à rechercher pour donner les meilleurs résultats.

RESPONSE OF MULBERRY SAPLINGS TO INOCULATION WITH VA MYCORRHIZAL FUNGI AND *AZOTOBACTER*

C.G. UMAKANTH & D.J. BAGYARAJ

Department of Agricultural Microbiology, University of Agricultural Sciences, GKVK Campus, Bangalore - 560 065, Karnataka, India.

The effect of inoculating the nursery bed with Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi, Glomus mosseae and Glomus fasciculatum, singly and together with Azotobacter chroococcum, on growth and nutrition of mulberry saplings was studied. The results revealed that dual inoculation of the nursery bed with Glomus fasciculatum plus Azotobacter chroococcum had considerably increased the plant growth and development of mulberry saplings. The increase in plant biomass of saplings inoculated with Glomus fasciculatum and Azotobacter chroococcum was 51.13% more compared to uninoculated saplings. The saplings were healthier with more phosphorus, nitrogen and zinc content. Mycorrhizal root colonisation, spore number and Azotobacter population in the rhizosphere were significantly higher in saplings given a dual inoculation with both Azotobacter and VAM fungi.

Keywords: Mulberry, *Glomus fasciculatum*, *Glomus mosseae*, *Azotobacter chroococcum*.

INTRODUCTION

The role of VAM fungi in enhancing the plant growth and yield of many field crops is well documented (Bagyaraj, 1984). Inoculation with efficient VAM fungi is known to improve the water uptake and photosynthetic activity of plants (Brown and Bethlenfalvai, 1988), the uptake of diffusion of limited nutrients like phosphorus and zinc (Iwano, 1993) and reduce the susceptibility of plants to root pathogens (Giovannetti, 1990).

Mulberry (*Morus alba* L.) is an important perennial cash crop and forms the basic food material for the silkworm. The quality of mulberry leaves has been considered as the prime factor governing the production of a good cocoon crop. The better the leaf quality, the greater the possibilities of obtaining a good cocoon crop (Ravi Kumar, 1988). Mulberry has been reported to respond well to the application of nitrogenous and phosphatic fertilisers (Das *et al.*, 1995). The application of 300 kg N/ha/year and 150 kg P/ha/year under irrigated conditions is recommended in South India (Krishnaswami, 1979). But due to the shortage and the high cost of fertilisers, attempts are being made by various workers to supplement biofertilisers to crops. The information available on the use of biofertilizers in mulberry is scanty (Thiripurasundari and Vivekanandan, 1994). Mulberry saplings responding to inoculation with VAM fungi (Das *et al.*, 1995) and the free-living nitrogen fixing bacterium, *Azotobacter* (Das *et al.*, 1990) have been observed. Recently, screening several VAM fungi under pot culture conditions, we found two VAM fungi, i.e., *Glomus fasciculatum* and *Glomus mosseae*, to be promising inoculant fungi for mulberry. In the present study the response of the mulberry cultivar S-34 (the most common cultivar) to *G. fasciculatum* and *G. mosseae* under nursery conditions was studied. Further, the interaction effect of VAM fungi along with *Azotobacter chroococcum* on the growth of mulberry saplings was investigated.

MATERIAL AND METHODS

Mulberry (cultivar S-34) cuttings of uniform size were raised in nursery beds (1.5 m long $\times$ 1 m wide $\times$ 15 cm high) with a spacing of 25 $\times$ 10 cm on an Alfisol (red sandy loam) soil. The pH of the soil was 6.2 having and organic carbon content of 0.52%, available nitrogen of 270.20 kg/ha, available phosphorus of 22.79 kg/ha, available potassium of 168.00 kg/ha and a zinc content of 3 ppm. The experiment was laid in a Randomised Complete Block Design (RCBD) with five treatments consisting of two VAM fungi (*G. fasciculatum* and *G. mosseae*), interaction with *A. chroococcum* along with an uninoculated control. Each treatment was replicated five times. Soil based VAM inoculum was added to each planting hole at the rate of 3.4 g of *G. mosseae* and 2.5 g of *G. fasciculatum* to provide 5,000 infective propagules, and *A. chroococcum* was added at the rate of 10 ml per planting hole in the appropriate treatments. *A. chroococcum* inoculum consisted of 30×10^8 CFU/ml. The nursery beds were irrigated twice a week. The saplings developed from the cuttings were allowed to grow for four months in the nursery.

Observations on sapling height, number of leaves, root length and leaf area were recorded on the 60th and 120th day after planting (DAP). However, the data on 120 DAP alone are presented in this paper. The leaf area was measured using a leaf area meter. The percent of mycorrhizal colonisation of the root system was determined by staining the root segments with trypan blue (Phillips and Hayman, 1970) on 60, 90 and 120 DAP. The mycorrhizal spore count in the root zone soil was determined by the wet sieving and decantation method (Gerdemann and Nicolson, 1963) on 30, 60 and 90 and 120 DAP. The *Azotobacter* population in the rhizosphere was enumerated by a standard dilution plating technique on Waksman No. 77 nitrogen free medium (Beckings, 1981) on 30, 60, 90 and 120 DAP. However, data on mycorrhizal population on the 120 DAP alone are presented in this paper. The saplings were harvested on 120 DAP. Fresh and dry biomass of leaves, root and shoot were determined.

The nitrogen content of leaves, root and shoot was determined by the microkjeldhal digestion distillation method as outlined by Jackson (1973). The phosphorus content of the root, shoot and leaves was determined by the Vanadomolybdate yellow colour method (Jackson, 1973). The zinc content of leaves was estimated using a SP-9 atomic absorption spectrophotometer with a zinc cathode lamp set to a wave length of 214 nm. The data were subjected to a statistical analysis suitable to RCBD as per the procedure outlined by Sunderraj *et al.*, (1978). Means were separated using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at 5 % level of significance.

RESULTS AND DISCUSSION

The observations on growth and development of mulberry saplings in the nursery bed revealed that saplings inoculated with VAM fungi had significantly a higher height, number of leaves and root length compared to the uninoculated saplings. This is in conformity with the earlier observations made by Ambika *et al.*, (1994). Saplings inoculated with VAM fungi plus *Azotobacter* produced more sapling height, number of leaves and root length compared to saplings inoculated with VAM fungi alone (Table I). Higher plant growth because of dual inoculation with VAM fungi plus *Azotobacter* compared to only VAM fungi has been reported in other crops like tomato (Bagyaraj and Menge, 1978) and in sunflower (Gururaj, 1983). *Azotobacter* is also known to produce growth regulators thereby enhancing root growth. This enhanced root growth might have resulted in more root area for the VAM fungi to colonise and thereby enhancing plant growth. Although there was no significant difference between treatments, a maximum leaf area was observed in the saplings inoculated with *G. fasciculatum* alone.

Fresh and dry biomass of leaves, shoot and root of mulberry increased due to the inoculation with only VAM fungi compared to uninoculated saplings. Similar observations were earlier reported in tomato (Bagyaraj and Menge, 1978) and in lettuce (Brown and Carr, 1984). Of the two VAM fungi studied *G. fasciculatum* was superior in increasing not only the fresh leaf biomass but also the total

plant dry biomass of mulberry compared to *G. mosseae*. The increase in fresh weight of mulberry because of the inoculation with *G. fasciculatum* was 57.19% more compared to uninoculated plants. The percent increase in plant biomass due to inoculation with *G. fasciculatum* was 30.7% compared to uninoculated control. Dual inoculation of *G. fasciculatum* plus *A. chroococcum* further increased the yield of fresh leaf weight by 8.93% and that of the total sapling dry weight by 29.47% compared to inoculation with only *G. fasciculatum* (Table II). A similar trend was seen in saplings P content (Table III). It is well documented that VAM fungi in association with plant roots increases the phosphorus uptake by a more thorough exploration of soil by the external hyphae beyond the root hair zone (Tinker, 1978). Bagyaraj and Menge (1978) reported a higher dry weight of tomato plants inoculated with *A. chroococcum* plus *G. fasciculatum* compared to single inoculation with either organism. Similar observations were made by Brown and Carr (1984) working with lettuce. Nitrogen content of saplings was more in VAM inoculated saplings compared to uninoculated saplings. Of the two VAM fungi, *G. fasciculatum* inoculation resulted in a higher nitrogen content in the leaves, shoot and root of the saplings compared to the *G. mosseae* inoculation. Dual inoculation of *G. fasciculatum* plus *A. chroococcum* further enhanced the saplings nitrogen content (Table III). Inoculation of plants increasing the population of *Azotobacter* in the rhizosphere and maintaining it for a longer time has been observed by earlier investigators working with crops (Bagyaraj and Menge, 1978). This enhanced *Azotobacter* population in the rhizosphere might have resulted in an enhanced nitrogen content of the saplings.

Table I. Effect of soil inoculation with VAM fungi and *Azotobacter chroococcum* on sapling height, number of leaves, leaf area and root length of mulberry saplings (120 DAP).

Tableau I. Effet de l'inoculation du sol avec des champignons VAM et des Azotobacter chroococcum sur la taille des plantules, le nombre de feuilles, la surface de la feuille et la longueur de la racine des plantules de mûrier (120 jours après plantation).

Treatment	Sapling height (cm)	Number of leaves per sapling	Root length (cm)	Leaf area (cm ²)
Traitement	Taille du plant (cm)	Nbre de feuilles par plant	Longueur de la racine (cm)	Surface de la feuille (cm ²)
<i>Glomus mosseae</i>	159.85c	31.90c	47.05ab	164.61a
<i>Glomus fasciculatum</i>	186.40b	34.25c	47.90ab	166.23a
<i>Glomus fasciculatum</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	199.40a	40.80a	50.54a	161.61a
<i>Glomus mosseae</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	187.40ab	37.72ab	49.12ab	159.68a
Uninoculated / Non inoculé	141.55d	25.20d	37.05c	159.35a

Values in each column without common letters differ significantly at $P = 0.05$ / Les valeurs dans chaque colonne sans lettres en commun diffèrent de manière significative à $P = 0.05$.

Table II. Effect of soil inoculation with VAM fungi and *Azotobacter chroococcum* on fresh and dry weight of mulberry saplings (120 DAP).

Tableau II. Effet de l'inoculation du sol avec des champignons VAM et des *Azotobacter chroococcum* sur le poids frais et sec des plantules de mûrier (120 jours après plantation).

Treatment	Fresh and dry weight (g/sapling)							
	Leaves		Shoot		Root		Total	
	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight	Fresh weight	Dry weight
Traitement	Poids sec et frais (g/arbuste)							
	Feuilles		Tige		Racine		Total	
	Poids frais	Poids sec	Poids frais	Poids sec	Poids frais	Poids sec	Poids frais	Poids sec
<i>Glomus mosseae</i>	90.50c	18.95c	101.50bc	25.58bc	46.75c	19.04bc	238.75c	63.57bc
<i>Glomus fasciculatum</i>	114.75b	24.25b	97.75cd	24.65cd	47.75c	18.92cd	260.25c	67.82bc
<i>Glomus fasciculatum</i> +	125.00a	26.83a	137.25a	32.73a	70.75a	28.25a	330.00a	87.81a
<i>Azotobacter chroococcum</i>								
<i>Glomus mosseae</i> +	115.50b	24.01b	119.60ab	29.08ab	60.50b	22.96b	295.60b	76.03ab
<i>Azotobacter chroococcum</i>								
Uninoculated Non inoculé	73.00d	18.71c	86.30cd	21.75cd	39.75d	18.52cd	199.05d	58.98c

Values in each column without common letters differ significantly at $P = 0.05$. / Les valeurs dans chaque colonne sans lettres en commun diffèrent de manière significative à $P = 0.05$.

Inoculation with VAM fungi resulted in an enhanced zinc uptake compared to uninoculated saplings (Table III) thus upholding the observations made earlier by other workers in different crop plants (Swaminathan and Verma, 1979; Raju *et al.*, 1990). Plants inoculated with VAM fungi plus *A. chroococcum* had less zinc content compared to saplings inoculated with VAM alone. The reason for this is not clear.

Table III. Effect of soil inoculation with VAM fungi and *Azotobacter chroococcum* on phosphorus, nitrogen and zinc content of mulberry saplings (120 DAP).Tableau III. Effet de l'inoculation du sol avec des champignons VAM et *Azotobacter chroococcum* sur le contenu en phosphore, en azote et en zinc des plants de mûrier (120 jours après plantation).

Treatment	Phosphorus content (g/sapling)			Nitrogen content (g/sapling)			Zinc content (µg/g)
	Leaves	Root	Shoot	Leaves	Root	Shoot	Leaves
Traitement	Contenu en phosphore (g/arbuste)			Contenu en azote (g/arbuste)			Contenu en zinc (µg/g)
	Feuilles	Racine	Tige	Feuilles	Racine	Tige	Feuilles
<i>Glomus mosseae</i>	5.40bc	3.62b	4.89c	35.34bc	12.39bc	41.74b	115.30a
<i>Glomus fasciculatum</i>	6.85ab	3.69b	4.51c	47.53b	11.97c	37.71c	120.85a
<i>Glomus fasciculatum</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	8.24a	6.05a	8.15a	69.54a	18.33a	60.76a	95.85b
<i>Glomus mosseae</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	7.01ab	5.79a	6.19b	61.22a	15.13b	51.03ab	90.95b
Uninoculated Non inoculé	3.41d	3.68b	3.31d	34.74c	11.79c	32.19c	83.55c

Values in each column without common letters differ significantly at $P = 0.05$. Les valeurs dans chaque colonne sans lettres en commun diffèrent de manière significative à $P = 0.05$.

Inoculation with VAM fungi significantly increased the per cent of mycorrhizal root colonisation compared to uninoculated plants. Dual inoculation with VAM fungi plus *A. chroococcum* further enhanced the mycorrhizal root colonisation (Table IV). A similar trend was seen in the mycorrhizal spore numbers in the root zone soil. There was a significant correlation between the percent of mycorrhizal root colonisation and the mycorrhizal spore number in the root zone soil. In general, the root zone soil of dual inoculated saplings had higher spore numbers than the saplings that received a single inoculation. The root zone of dual inoculated saplings had a higher *Azotobacter* population compared to the root zone of saplings treated with the VAM fungus alone or the root zone of uninoculated saplings. VAM fungi increasing the population of *A. chroococcum* in the root zone has been observed by earlier workers (Brown and Carr, 1984).

Table IV. Effect of soil inoculation with VAM fungi and *Azotobacter chroococcum* on per cent of mycorrhizal root colonization, spore number and *Azotobacter* population in the root zone soil of mulberry saplings (120 DAP).

Tableau IV. Effet de l'inoculation du sol avec des champignons VAM et *Azotobacter chroococcum* sur le pourcentage de colonisation mycorrhizienne de la racine, le nombre de spores et la population *Azotobacter* dans la zone de sol autour de la racine des plants de mûrier (120 jours après plantation).

Treatment	Root colonization (%)	Spore number /30 ml soil	<i>Azotobacter</i> population ($\times 10^3$ CFU/g)
Traitement	Colonisation de la racine (%)	Nombre de spores / 30 ml de sol	Population <i>Azotobacter</i> ($\times 10^3$ CFU/g)
<i>Glomus mosseae</i>	31.31c	142.25b	0.019b
<i>Glomus fasciculatum</i>	40.88c	155.75b	0.020b
<i>Glomus fasciculatum</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	55.25a	195.20a	45.00a
<i>Glomus mosseae</i> + <i>Azotobacter chroococcum</i>	50.25b	192.50	41.00a
Uninoculated / Non inoculé	14.17d	39.50c	0.015c

Values in each column without common letters differ significantly at $P = 0.05$. / Les valeurs dans chaque colonne sans lettre en commun diffèrent de manière significative à $P = 0.05$. CFU = Colony Forming Unit / Unité de formation d'une colonie.

The present investigation clearly brings out that the inoculation with VAM fungi improves the nutrition and growth of mulberry saplings raised in the nursery. Of the two VAM fungi tested *G. fasciculatum* was found to be a better inoculant fungus for mulberry. Co-inoculation of the nursery bed with *G. fasciculatum* and *A. chroococcum* further enhanced the nutrition and growth of mulberry saplings. Thus inoculating the nursery bed with VAM fungi and *Azotobacter* can be taken up as a routine nursery technology to produce healthy and vigorously growing mulberry saplings which will establish better when planted in the field site.

REFERENCES

- AMBIKA P.K., DAS P.K., KATYAR 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.

- BAGYARAJ D.J., (1984) Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In Vesicular arbuscular mycorrhiza. C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (eds.), pp 131-153, CRC Press, Boca Raton, U.S.A.
- BAGYARAJ D.J., MENGE J.A. (1978) Interaction between a VAM and *Azotobacter* and their effects on rhizosphere microflora and plant growth. New Phytol., 80, 5567-5573.
- BECKINGS J.H. (1981) The family Azotobacteriaceae. In The prokaryotes: A hand book of habitats, isolation and identification of bacteria. M.P. Starr, H. Stolp, H.G. Truper, A. Balows, H.G. Schlegel (eds.), pp 795-817, Springer Verlag, Berlin.
- BROWN M.S., BETHLENFALVAY G.T. (1988) The *Glomus-Rhizobium*. VIII. Photosynthetic nutrient efficiency in nodulated mycorrhizal soybeans. Plant Physiol., 86, 1292-1297.
- BROWN M.E., CARR G.R. (1984) Interactions between *Azotobacter chroococcum* and VAM and their effects on plant growth. J. Appl. Bacteriol., 56, 429-437.
- DAS P.K., GHOSH A., KATIYAR R.S., SENGUPTA K. (1990) Response of irrigated mulberry to *Azotobacter* and *Azospirillum* biofertilizers under graded levels of nitrogen. In Biofertilizer technology transfer. IV. Gangawani (ed.), pp 71-77, Associated Publishing Co., New Delhi.
- DAS P.K., KATIYAR R.S., HANUMANTHA 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. Seric., 34, 15-17.
- GERDEMANN J.W., NICOLSON J.H. (1963) Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc., 46, 235-244.
- GIOVANNETTI M. (1990) Mycorrhizas as agents of biocontrol of agricultural plant pathogens. Informatore Fitopatologica, 40, 17-20.
- GURURAJ R. (1983) Interaction among *Azotobacter chroococcum*, *Glomus fasciculatum* and *Penicillium glaucum* on growth and yield of sunflower. M. Sc. thesis. Submitted to Univ. Agril. Sci., Bangalore.
- IWANO S. (1993) Analysis of nutrient uptake by six species of VAM in *Zea mays* L. Indian J. Mycol. Pl. Path., 23, 64-69.
- JACKSON M.L. (1973) Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Ltd., New Delhi.
- KRISHNASWAMI S. (1979) Mulberry cultivation in South India. Bulletin No. 1, CSR&TI, Mysore.
- PHILLIPS J.M., HAYMAN D.S. (1970) Improved procedure for obtaining roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc., 55, 158-161.
- RAJU P.S., CLARK R.B., ELLIS J.R., MARANVILLE J.W. (1990) Effects of six species of VA mycorrhizal fungi on growth and mineral uptake of sorghum at different temperatures. Plant Soil, 121, 157-164.
- RAVI KUMAR C. (1988) Western ghats as a bivoltine region-Prospects, challenges and strategies for its development. Indian Silk, 26, 39-54.
- SUNDERRAJ N., NAGARAJA S., VENKATARAMU M.N., JAGANNATH M.K. (1978) Design and analysis of field experiments. UAS. Misc. Series. No. 22. Univ. Agri. Sci., Bangalore, 424.
- SWAMINATHAN K., VERMA B.C. (1979) Response of three crop species to VAM infection on zinc deficient Indian soils. New Phytol., 82, 484-487.
- THIRIPURASUNDARI M., VIVEKANANDAN M. (1994) Mulberry mycorrhiza association. An effective tool to improve leaf nutrition. Sericologia, 34, 685-689.
- TINKER P.B. (1978) Effects of vesicular arbuscular mycorrhizae on plant growth. Physiol. Veg., 16, 743-751.

REACTION DE JEUNES PLANTS DE MURIER A L'INOCULATION DE CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ET D'AZOTOBACTER

C.G. UMAKANTH & D.J. BAGYARAJ

Department of Agricultural Microbiology, University of Agricultural Sciences, GKVK Campus,
Bangalore - 560 065, Karnataka, Inde.

*L'effet de l'inoculation d'un sol de pépinière avec des champignons mycorhiziens, **Glomus mosseae** et **Glomus fasciculatum**, seuls et en conjonction avec **Azotobacter chroococcum** sur la croissance et la nutrition de jeunes plants de mûrier a été étudié. Les résultats révèlent que la double inoculation de la pépinière avec **Glomus fasciculatum** plus **Azotobacter chroococcum** augmente considérablement la croissance et le développement des jeunes plants de mûrier. L'augmentation de la biomasse de la plante chez les jeunes plants inoculés avec **Glomus fasciculatum** et **Azotobacter chroococcum** est supérieure de 51,3 % à celle des jeunes plants non inoculés. Les jeunes plants sont plus sains et ont une teneur supérieure en phosphore, en azote et en zinc. La colonisation mycorhizienne de la racine, le nombre de spores et la population d'**Azotobacter** de la rhizosphère sont significativement plus élevés chez les jeunes plants que l'on a inoculés à la fois avec les **Azotobacter** et les mycorhizes.*

INTRODUCTION

Il existe de la documentation sur le rôle des mycorhizes sur l'amélioration de la croissance des plantes et du rendement de nombreuses cultures (Bagyaraj, 1984). On sait que l'inoculation avec des mycorhizes efficaces améliore l'absorption d'eau et l'activité photosynthétique des plantes (Brown et Bethlenfalvay, 1988), la diffusion de l'absorption de nutriments comme le phosphore et le zinc (Iwano, 1993) et diminue la sensibilité des plantes aux pathogènes de la racine (Giovannetti, 1990).

Le mûrier (*Morus alba* L.) est une plante vivace importante sur le plan économique et constitue la nourriture de base du ver à soie. La qualité des feuilles de mûrier est considérée comme le facteur principal pour l'obtention d'une bonne récolte de cocons. Plus la qualité de la feuille est élevée, plus les chances d'obtenir une bonne récolte de cocons sont élevées (Ravi Kumar, 1988). Il a été observé que le mûrier répondait bien à l'application d'engrais azotés et phosphatés (Das et coll., 1995). L'application de 300 kg N/ha/an et de 150 kg P/ha/an est recommandée dans le sud de l'Inde pour les cultures irriguées (Krishnaswami, 1979). Mais à cause du manque d'engrais et de leur coût élevé, plusieurs chercheurs ont essayé d'administrer des engrais biologiques aux cultures. L'information disponible sur l'utilisation des engrais biologiques chez le mûrier est rare (Thiripurasundari et Vivekanandan, 1994). La réaction de jeunes plants de mûrier à l'inoculation avec des mycorhizes (Das et coll., 1995) et des bactéries libres fixant l'azote, les *Azotobacter* (Das et coll., 1990) a été observée. Récemment, en étudiant les mycorhizes dans des conditions de culture en pot, nous avons trouvé que deux mycorhizes, *Glomus fasciculatum* et *Glomus mosseae*, étaient des champignons prometteurs pour le mûrier. Dans notre étude, la réaction du cultivar de mûrier S-34 (le cultivar le plus courant) à *G. fasciculatum* et *G. mosseae* a été étudiée en pépinière. De plus, nous avons étudié

l'effet interactif entre les mycorhizes et *Azotobacter chroococcum* sur la croissance des jeunes plants de mûrier.

MATERIELS ET METHODES

Des boutures de mûrier (cultivar S-34) de taille uniforme ont été cultivées en rangées sur un sol Alfisol (terreau sablonneux rouge) de 1,5 m de long $\times$ 1 m de large $\times$ 15 cm de haut avec un espacement de 25 $\times$ 10 cm. Le pH de ce sol est de 6,2 avec une teneur en carbone organique de 0,52 %, en azote disponible de 270,20 kg/ha, en phosphore de 22,79 kg/ha, en potassium de 168 kg/ha et une teneur en zinc de 3 ppm. L'expérience a été réalisée par échantillonnage aléatoire (RCBD) avec cinq traitements constitués des deux mycorhizes (*G. fasciculatum* et *G. mosseae*), de leur interaction avec *A. chroococcum* et aussi d'un témoin non inoculé. Chaque traitement a été répété cinq fois. Un inoculum de mycorhizes provenant du sol est ajouté dans chaque trou de plantation au taux de 3,4 g pour *G. mosseae* et de 2,5 g pour *G. fasciculatum* afin de fournir 5000 propagules infectieuses et *A. chroococcum* est ajouté à raison de 10 ml dans chaque trou de plantation pour les traitements appropriés. L'inoculum d'*A. chroococcum* a une concentration de 30×10^8 CFU/ml. Les sols sont irrigués deux fois par semaine. On a laissé les jeunes plants obtenus à partir des boutures pousser quatre mois en pépinière.

Les observations sur la taille des jeunes plants, le nombre de feuilles, la longueur de la racine et la surface de la feuille sont enregistrées le 60^{ème} et le 120^{ème} jour après la plantation (DAP). Cependant, seules les données concernant le 120^{ème} jour après la plantation sont présentées dans cet article. La surface de la feuille est mesurée à l'aide d'un airomètre. Le pourcentage de colonisation mycorhizienne du système racinaire est déterminé en colorant les segments de la racine avec du bleu trypan (Phillips et Hayman, 1970) les 60^{ème}, 90^{ème} et 120^{ème} jours après la plantation. Le compte en spores mycorhiziennes dans le sol de la zone de la racine a été effectué par tamisage humide et décantation (Gerdemann et Nicolson, 1963) le 30^{ème}, 60^{ème}, 90^{ème} et 120^{ème} jour après la plantation. La population *Azotobacter* dans la rhizosphère est dénombrée d'après une technique standard de dilution sur plaque sur un milieu Waksman No 77 sans azote (Beekings, 1981) les 30^{ème}, 60^{ème}, 90^{ème} et 120^{ème} jours après la plantation. Cependant, seules les données sur la population mycorhizienne présente le 120^{ème} jour après la plantation sont présentées dans cet article. Les jeunes plants sont récoltés le 120^{ème} jour après la plantation pour mesurer la biomasse fraîche et sèche des feuilles, des racines et des tiges.

La teneur en azote des feuilles, de la racine et de la tige a été déterminée par la méthode microkjeldhal d'après la description de Jackson (1973). La teneur en phosphore de la racine, de la tige et des feuilles a été déterminée d'après la méthode colorimétrique jaune au Vanadomolybdate (Jackson, 1973). La teneur en zinc des feuilles est estimée en utilisant un spectrophotomètre d'absorption atomique SP-9 avec une lampe à cathode en zinc réglée à une longueur d'onde de 214 nm. Les données sont soumises à une analyse statistique adaptée au RCBD d'après la procédure décrite par Sunderraj et coll., (1978). Les moyennes sont séparées en utilisant le test multiple de Duncan (DMRT) à un seuil de signification de 5 %.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les observations sur la croissance et le développement des jeunes plants de mûrier en pépinière révèlent que les jeunes plants inoculés avec les mycorhizes ont une taille, un nombre de feuilles et une longueur de racine significativement supérieurs comparés aux jeunes plants non inoculés. Ceci est en accord avec les observations précédentes faites par Ambika et coll., (1994). Les jeunes plants inoculés avec les mycorhizes plus *Azotobacter* donnent une taille de plant, un nombre de feuilles et une longueur de racine plus élevés comparés aux jeunes plants qui ne sont inoculés qu'avec les mycorhizes (Tableau I). On a déjà rapporté chez d'autres cultures comme la tomate (Bagyaraj et Menge, 1978) et le tournesol (Gururaj, 1983) que la croissance du plant était supérieure avec une

double inoculation mycorhizes plus *Azotobacter* qu'avec seulement une inoculation avec les mycorhizes. On sait aussi que les *Azotobacter* produisent des régulateurs de croissance, ce qui améliore par là-même la croissance des racines. L'amélioration de la croissance de la racine peut avoir entraîné une surface de racine plus importante à coloniser par les mycorhizes, ce qui améliore la croissance du plant. Bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les traitements, on observe une surface de feuille maximum chez les jeunes plants inoculés uniquement avec *G. fasciculatum*.

La biomasse fraîche et sèche des feuilles, de la tige et de la racine de mûrier augmente grâce à l'inoculation avec les mycorhizes comparée aux jeunes plants non inoculés. Des observations similaires ont été précédemment rapportées pour la tomate (Bagyaraj et Menge, 1978) et pour la laitue (Brown et Carr, 1984). Sur les deux mycorhizes étudiées *G. fasciculatum* est meilleure non seulement pour augmenter la biomasse fraîche de la feuille mais aussi la biomasse totale sèche du plant de mûrier comparée à *G. mosseae*. Le poids frais du mûrier augmente de 57,19 % grâce à l'inoculation avec *G. fasciculatum* comparé aux plants non inoculés. L'augmentation en pourcentage de la biomasse de la plante est de 30,7 % grâce à l'inoculation avec *G. fasciculatum* par comparaison au témoin non inoculé. La double inoculation avec *G. fasciculatum* plus *A. chroococcum* augmente encore le rendement en poids de feuilles fraîches de 8,93 % et celui du poids sec total du jeune plant de 29,47 % par comparaison à l'inoculation avec *G. fasciculatum* seul (Tableau II). On observe une tendance similaire pour la teneur en phosphore des jeunes plants (Tableau III). Il existe de nombreuses publications sur le fait que les mycorhizes disposées autour des racines de la plante augmentent l'absorption de phosphore parce qu'elles permettent une exploration plus complète du sol par les hyphes externes au-delà de la zone de la racine capillaire (Tinker, 1978). Bagyaraj et Menge (1978) ont signalé un poids sec plus élevé chez les plants de tomate inoculés avec *A. chroococcum* plus *G. fasciculatum* comparé à celui des plants inoculés avec un seul de ces organismes. Des observations similaires ont été faites par Brown et Carr (1984) pour la laitue. La teneur en azote des jeunes plants est plus élevée chez ceux qui sont inoculés avec les mycorhizes que chez les plants qui ne sont pas inoculés. L'inoculation avec *G. fasciculatum* entraîne une teneur en azote plus élevée dans les feuilles, la tige et la racine des jeunes plants que l'inoculation avec *G. mosseae*. La double inoculation *G. fasciculatum* plus *A. chroococcum* améliore encore la teneur en azote des jeunes plants (Tableau III). Des chercheurs ont déjà observé sur certaines cultures que l'inoculation des plants augmente la population en *Azotobacter* dans la rhizosphère et la maintient plus longtemps (Bagyaraj et Menge, 1978). L'accroissement de la population *Azotobacter* dans la rhizosphère pourrait avoir entraîné une augmentation de la teneur en azote des jeunes plants.

L'inoculation avec les mycorhizes augmente l'absorption de zinc par comparaison aux jeunes plants non inoculés (Tableau III), ce qui confirme les observations faites précédemment par d'autres chercheurs sur différentes cultures (Swaminathan et Verma, 1979 ; Raju et coll., 1990). Les plants inoculés avec mycorhizes plus *A. chroococcum* ont une teneur en zinc moindre comparés aux jeunes plants que l'on inocule seulement avec les mycorhizes. On ne sait pas clairement pour quelle raison.

L'inoculation avec les mycorhizes augmente le pourcentage mycorhizien de colonisation de la racine de manière importante. La double inoculation mycorhizes plus *A. chroococcum* augmente encore plus la colonisation mycorhizienne de la racine (Tableau IV). Une tendance similaire est observée par rapport au nombre de spores mycorhiziennes dans la zone de sol de la racine. Il existe une corrélation significative entre le pourcentage de colonisation mycorhizienne de la racine et le nombre de spores mycorhiziennes dans la zone de sol de la racine. En général, la zone de sol de la racine des jeunes plants doublement inoculés a un nombre de spores supérieur à celui des jeunes plants qui ne reçoivent qu'une seule inoculation. La zone de la racine des jeunes plants doublement inoculés contient une population en *Azotobacter* plus élevée comparée à la zone de la racine des jeunes plants qui ne sont traités qu'avec les mycorhizes ou à la zone de la racine des jeunes plants non inoculés. Des chercheurs ont déjà observé que les mycorhizes augmentent la population d'*A. chroococcum* dans la zone de la racine (Brown et Carr, 1984).

Notre travail fait clairement ressortir le fait que l'inoculation avec les mycorhizes améliore la nutrition et la croissance des jeunes plants de mûrier élevés en pépinière. Sur les deux mycorhizes

testées, *G. fasciculatum* s'avère meilleure comme champignon inoculant pour le mûrier. La co-inoculation du sol avec *G. fasciculatum* et *A. chroococcum* augmente la nutrition et la croissance des jeunes plants de mûrier. L'inoculation avec des mycorhizes et des *Azotobacter* pourrait ainsi être adoptée comme une technique habituelle en pépinière pour obtenir des jeunes plants de mûrier sains et vigoureux, qui pousseront mieux dans les conditions naturelles.

COMPOSITION OF THE ESSENTIAL LEAF OIL OF *LITSEA CUBEBA* PERS. FROM ASSAM, INDIA

S.N. CHOUDHURY^{1*}, R.Z. AHMED¹, A. BARTHEL^{2**} & P.A. LECLERCQ^{2*}

1. Department of Plant Sciences and Ecology, Regional Research Laboratory, Jorhat - 785006, Assam, India.
2. Department of Chemical Engineering, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands.

Litsea cubeba Pers., locally known as 'mejankari' in Assam, is a secondary host plant of the 'muga silk worm' (*Antheraea assama* W/w) widely found in Northeast India. The leaves of this plant are aromatic in nature. The essential oils were obtained by hydrodistillation of the fresh leaves collected from three locations in Assam. Oil yields were found to vary from 0.21% to 1.0%. The oils were examined by a combination of high resolution GC and GC/MS. Between 25 and 51 compounds have been identified, accounting for 92-99% of the oils. The major constituent appeared to be sabinene (15.9% to 49.8%). Percentages of sabinene this high in the leaf oil have not been reported earlier. Other predominant constituents of the oils were limonene (1.7% to 16.4%), terpinen-4-ol (5.2-11.0%), β -phellandrene (0.0-9.5%) and β -pinene (6.7-9.4%).

Keywords: *Litsea cubeba*, syn. *Litsea citrata*, Lauraceae, muga food plant, essential oil composition, sabinene, limonene, terpinen-4-ol, β -phellandrene, β -pinene.

INTRODUCTION

Litsea cubeba Pers., syn. *L. citrata* Blume (locally known as 'mejankari'), is a deciduous, perennial, aromatic shrub of the Lauraceae family. The plant occurs naturally in the eastern Himalayas, Assam, Manipur, and other parts of Northeast India up to an altitude of 2,700 m MSL (Kanjilal *et al.*, 1992; Anon., 1987; and Hooker, 1885).

In the course of a floristic survey for rare, endangered and unexploited plants suited for cultivation at the Regional Research Laboratory, Jorhat, this plant species was encountered in two districts (Jorhat and Sibsagar) of Assam, India. Organoleptic and olfactory tests made on the leaves of the plants at their source, revealed that their essential leaf oil composition may differ from place to place.

In north-east India *L. cubeba* is principally used for muga culture. The plant has been considered as a secondary food plant, primary plants being *Persea bombycina* King. and *Litsea monopetala* Pers. (formerly known as *Machilus bombycina* King. and *L. polyantha* Juss., respectively). Muga worms

* Addresses for correspondence.

** Current address: Faculty of Chemistry and Mineralogy, Leipzig University, Leipzig, Germany.

(*Antheraea assama* W/w) are reared on this plant, particularly in the upper Assam area, for the production of the muga silk. The muga silk produced from this plant has a unique 'creamy' golden-yellow colour in its natural state, which makes it very attractive. This silk (locally called 'mejankari pat') is highly valued and was previously reserved exclusively for kings and noblemen (Chaudhury, 1981). It is many times costlier than silk produced from 'som' (*Persea bombycina*). Muga silk culture is unique to this region and found nowhere else in the world (Chaudhury, 1981; Bharali, 1969).

The literature on the composition of *Litsea cubeba* oils has been reviewed (Lawrence, 1993; Bao, 1995). In many instances, citral was reported as the major constituent of the oils from unripe fruits (Punyarajun and Nandhasri, 1981), fruits (Lu *et al.*, 1990; Huargliang *et al.*, 1994), peels (Lin and Hua, 1987) and unspecified plant parts (Guglielmina, 1968; Xu, 1968; and Shen *et al.*, 1994). Taiwanese *L. cubeba* leaf oil, however, contained 1,8-cineole, α -terpinyl acetate, sabinene, and α - and β -pinene, as major components, while the stem oil had high contents of limonene, 1,8-cineole, citronellal, caryophyllene, nerol and geranial (Cheng and Cheng, 1983).

In the oil of a Chinese variety ethyl acetate, α - and β -pinene, camphene, limonene, p-cymene, β -methylheptenone, methylheptylketone, citronellal, linalool, α -a-isopulegol, citral b, α -terpineol, citral a, citronellol, geraniol, safrole and eugenol were identified as major compounds (Zhan *et al.*, 1985). Chinese root oil was mainly comprised of linalool, citronellal, α -pinene, camphene, citronellol, α -terpineol and 2-methyl-6-keto-2-heptene (Jian *et al.*, 1986). Investigation of another Chinese root oil yielded citronellal (59%), citronellol (9%), limonene (5%) and α -pinene (4 %) as major constituents (Fu *et al.*, 1992). A study of *L. cubeba* oil by enantioselective gas chromatography also revealed citronellal as the main constituent, amounting to 33-56% and 44-67% of the (+) and (-) enantiomers, respectively (Schultze *et al.*, 1995). The fruit oil of a Chinese variety contained nerol, β -caryophyllene, 2,6-dimethyl-5-hepten-1-al and 6-methyl-5-hepten-2-ol (Liu *et al.*, 1990). The seed oil of *L. cubeba* contained lauric acid as a major constituent (35-75% of total fatty acids); cis-4-decenoic, cis-4-dodecenoic, and cis-4-tetradecenoic acids were identified as well (Wang *et al.*, 1983; Wang *et al.*, 1985). *L. cubeba* pit oil contained more than 80 components of which 38 compounds have been identified (Zhong and Feng, 1995).

This literature survey indicates that there is a vast difference in the composition of the oils from different sources of the globe. We therefore investigated the variation in the essential oil composition from *L. cubeba* plants growing naturally in Assam, India. The composition of the oils from the stems, flowers and fruits of these plants is reported elsewhere (Choudhury *et al.*, 1997). In the present communication the oil composition of the leaves of *L. cubeba* plants from two districts of Assam is presented.

MATERIALS AND METHODS

Plant material:

Fresh leaves were collected from the Jogduar and Jorhat areas of the Jorhat district and the Borahibari area of the Sibsagar district of Assam, in March, 1996. Voucher specimens have been deposited in the herbarium of the Regional Research Laboratory, Jorhat, Assam, India.

Isolation of the Essential Oils:

Fresh, green leaves (300 g) of each collected sample were hydrodistilled in a Clevenger-type apparatus for 3 h to yield clear oils.

Qualitative and quantitative analysis:

The oil was investigated by capillary GC and GC/MS.

GC - A Perkin-Elmer 8500 gas chromatograph equipped with a FID detector and a HP-1 fused silica column (24 m $\times$ 0.32 mm, 0.17 μ m film thickness) was used. The samples, dissolved in hexane, were injected in the split mode, using pressure controlled helium as carrier gas at a linear velocity of 30 cm/s (at 60 °C). Injector and detector temperatures were maintained at 250 °C. The column oven temperature was programmed from 60 °C (after 2 min) to 250 °C at 4°/min. The final temperature was held for 20 min. Peak areas and retention times were measured by electronic integration. The relative amounts of individual components are based on the peak areas obtained, without FID response factor correction. Temperature programmed (linear) retention indices of the compounds were determined relative to n-alkanes.

GC/MS - Analyses were carried out with a Hewlett-Packard 5970A mass selective detector (MSD), directly coupled to a HP 5790A gas chromatograph. A 25 m $\times$ 0.20 mm fused silica HP-1 column, with a film thickness of 0.33 μ m, was employed. The column oven temperature was programmed from 60 °C (after 3 min.) to 300°C at 5°/min. The injector and GC/MS interface temperatures were maintained at 280 and 300°C, respectively. Helium carrier gas was pressure controlled to give a linear gas velocity of 44 cm/s (at 60°C). Electron ionisation mass spectra were acquired over the mass range 10-400 Da at a rate of 2 spectra/s.

Component identification:

The constituents of the oils were identified by matching their 70 eV mass spectra and linear temperature programmed retention indices with reference libraries (Anon., 1986; Anon., 1994; Davis, 1990; Henneberg *et al.*, 1994; Libbey, 1991; Masada, 1967; McLafferty and Stauffer, 1993; Ramaswami *et al.*, 1986; Sandra and Biechi, 1987).

RESULTS AND DISCUSSION

The oil content in the leaves of *L. cubeba* varied significantly in different areas. The highest percentage (1.0% w/w on the fresh weight basis) was recorded from Jogduar and the lowest (0.21%) was from the Jorhat area. Remarkable differences in essential oil content may influence the smell as well as the taste of the leaves collected from different areas.

The composition of the leaf oils from *L. cubeba* is presented in Table I. These results show that the leaf oils from *L. cubeba* plants found in north-eastern India are characterised by a high content of sabinene. The oils from the Jogduar area contained the highest percentage of sabinene (47.4%-49.8%), while the oils samples from Jorhat and Borahibari contained 28.5%-42.9% and 15.9%, respectively. Sabinene was also found to be a major constituent of *L. cubeba* leaf oil from Taiwan (Cheng and Cheng, 1983) and flower oil from Assam (Choudhury *et al.*, 1997).

Among the other compounds, limonene had a maximum concentration of 16.4% in the oil from Borahibari, which was only 1.7%-4.6% in the other oils samples. The Borahibari oil also contained the highest percentage of terpinen-4-ol (11.0%), versus only 5.2%-6.3% in the oils from Jorhat and Jogduar. The variations in the percentages of α - and β -pinene among the samples were rather narrow: 7.9%-8.9% and 6.7%-9.4%, respectively. Furthermore, compounds as β -phellandrene (9.4%-9.5%), the two pinene hydrates (0.2%-0.3%), δ -terpineol and bicyclogermacrene (0.0%-0.1%), were found only in the oils from Jogduar, whereas these were totally absent in the other oil samples.

Table I. Chemical composition of the leaf oils of *Litsea cubeba* (Lauraceae) from different areas of Assam, India.*Tableau I. Composition chimique des huiles de la feuille de Litsea cubeba (Lauraceae) dans différentes zones de l'Assam, en Inde.*

Compound / Composant	RI ^a	Percentage ^b / Pourcentage ^b				Borahibari
		Jorhat		Jogduar		
		plant 1 plante 1	plant 2 plante 2	plant 1 plante 1	plant 2 plante 2	
hexanal	770	tr	-	-	-	-
(E)-2-hexen-1-ol	844	tr	-	-	-	-
3-methyl-1-pentanol	845	tr	-	-	-	-
1-hexanol	847	tr	0.1	-	-	-
α -thujene	921	1.2	1.5	1.3	1.3	1.1
α -pinene	928	8.7	8.2	8.7	8.9	7.9
camphene	940	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2
sabinene	962	42.9	28.5	47.4	49.8	15.9
β -pinene	967	7.3	9.0	6.7	7.3	9.4
myrcene	982	1.8	0.5	1.9	2.0	1.3
α -phellandrene	994	0.1	0.1	tr	tr	-
α -terpinene	1008	0.6	0.5	0.9	1.6	-
p-cymene	1010	1.4	4.8	0.3	0.1	5.2
1,8-cineole	1016	7.0	9.8	0.6	1.5	7.9
β -phellandrene	1018	-	-	9.4	9.5	-
limonene	1019	4.6	2.6	1.9	1.7	16.4
(Z)- β -ocimene	1027	0.7	0.1	0.7	0.1	-
melonal (bergamal)	1032	0.2	0.3	tr	-	-
(E)- β -ocimene	1038	1.4	tr	1.2	0.2	-
γ -terpinene	1047	1.6	0.5	2.1	2.6	-
cis-sabinene hydrate	1050	0.2	2.0	-	-	-
terpinolene	1077	0.4	0.2	0.5	0.6	-
trans-sabinene hydrate	1080	0.2	2.3	-	-	-
linalool	1084	1.2	2.1	1.3	0.5	2.3
(Z)-rose oxide	1096	tr	tr	-	-	-
cis-pinene hydrate	1103	-	-	0.3	0.3	-
cis-p-menth-2-en-1-ol	1104	0.3	0.5	-	-	-
trans-pinocarveol	1118	-	0.4	-	-	0.7
trans-pinene hydrate	1120	-	-	0.3	0.2	-
trans-p-menth-2-en-1-ol	1121	0.2	-	-	-	-
sabinaketone	1122	tr	tr	-	-	-
isopulegol	1126	0.2	0.3	-	-	-
citronella	1130	3.8	2.8	1.3	1.1	0.8

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

Compound / Composant	RI ^a	Percentage ^b / Pourcentage ^b				Borahibari
		Jorhat		Jogduar		
		plant 1 plante 1	plant 2 plante 2	plant 1 plante 1	plant 2 plante 2	
iso-isopulegol	1137	0.1	0.1	-	-	-
terpinen-4-ol	1158	5.2	6.3	5.9	5.4	11.0
α -terpineol	1169	2.2	1.2	1.9	2.6	1.5
myrtenol	1176	tr	0.1	-	-	0.4
(Z)-piperitol	1177	0.1	1.0	-	-	-
(E)-piperitol	1187	0.1	0.1	-	-	0.2
citronellol	1210	1.8	3.1	0.9	0.4	0.2
neral	1212	-	-	-	-	0.3
geraniol	1234	0.1	0.1	-	-	0.9
geranial	1241	tr	tr	-	-	1.1
citronellyl formate	1258	0.1	1.1	-	-	-
p-menthane-3,8-diol*	1301	0.6	-	0.3	0.1	-
citronellic acid	1308	0.3	0.3	-	-	-
δ -terpineol	1322	-	-	0.1	tr	-
p-menthane-3,8-diol*	1325	0.2	-	-	-	-
α -copaene	1370	tr	-	-	-	-
β -elemene	1384	0.2	0.3	-	-	-
β -caryophyllene	1411	1.5	0.5	0.8	1.0	0.4
p-menthane-1,2,4-triol	1437	tr	0.4	-	-	3.1
α -humulene	1444	0.1	-	0.1	0.1	-
bicyclogermacrene	1487	-	-	0.1	-	-
(E,E)- α -farnesene	1497	0.1	-	0.2	-	-
δ -cadinene	1510	tr	-	-	-	-
(E)-nerolidol	1547	tr	-	0.1	-	0.2
spathulenol	1557	tr	0.3	0.2	-	tr
caryophyllene oxide	1562	0.5	1.4	0.5	tr	3.4
other compounds / autres composants		0.5	5.0	1.9	0.1	8.2

a - measured linear retention indices on a HP-1 column, relative to n-alkanes / indices de rétention linéaire mesurés sur une colonne HP-1, par rapport aux alcanes-n.

b - area%; tr = trace (< 0.1%) / surface en %; tr = traces (< 0,1 %)

* correct isomeric form not identified / forme isomérique correcte non identifiée.

The differences in yield and composition of *L. cubeba* leaf oils from different parts of Assam might be caused by different soils conditions; climatic differences are not likely because the three places are all in an area of less than 70 km. The variations in oil yields, individual constituents, as well as the total absence of some compounds in one sample may influence the taste of the leaves from

particular regions. The adaptability or palatability of muga worms may differ substantially with these variations in the germplasms of north-east India. Chaudhury (1981) mentioned that only healthy and vigorous larvae can thrive on *L. cubeba* leaves. None of the leaves of other primary and secondary muga food plants contains as high as 1.0% w/w (dry weight) of essential oil. The inability of poor muga worms to thrive well on *L. cubeba* leaves may be due to the high concentration of essential oil present in its leaves. The authors therefore feel that there is an urgent need to examine and select a most suitable *L. cubeba* variety or plant type, which will be the most palatable and widely accepted by the muga worms. In general, people of this part of the country use *L. cubeba* plants indiscriminately for muga rearing, unaware of the variations in the essential oil quality of local plant populations which may lead to poor rearing performance.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1986) The Sadtler standard gas chromatography retention index library. Sadtler Research Laboratories, Bio-Rad Laboratories, Philadelphia, PA, USA.
- ANONYMOUS (1987) Medicinal Plants of India. ICMR, New Delhi, India, G.V. SATYAVATI, A.K. GUPTA, N. TANDON (eds.), 2, 168-169.
- ANONYMOUS (1994) PC Version of the NIST/EPA/NIH mass spectral database, version 4.5. National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, MD, USA (1994).
- BAO Y. (1995) Progress and status of research on Chinese *Litsea cubeba* oil. *Linchuan Huaxue Yu Gongye*, 15(2), 73-77.
- BHARALI N.N. (1969) History of muga silk industry in Assam. *Indian Silk*, 7(12), 13-14.
- CHAUDHURY S.N. (1981) Muga silk industry. Directorate of Sericulture and Weaving, Govt of Assam, Gauhati, Assam, India, 1-31.
- CHOUDHURY S.N., AHMED R., BARTHEL A., LECLERCQ P.A. (1998) Composition of the stem, flower and root oils of *Litsea cubeba* Pers. from two locations of Assam, India. *J. Essent. Oil Res.* 10, 381-386.
- CHENG M.C., CHENG Y.S. (1983) Compositions of the essential oils of *Litsea kostermanii* Chang, *Litsea gercai* Vidal and *Litsea cubeba* (Lour.) Persoon. *J. Chin. Chem. Soc. (Taipei)*, 30(1), 59-62.
- DAVIS N.W. (1990) Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J. Chromatogr.* 503, 1-24.
- FU S., HUANG A., SUN Y., WU Q., XIA Y. (1992) Studies of the fragrance volatile and essential oil components of *Litsea cubeba* root. *Beijing Daxue Xuebao, Ziran Kexueban*, 28(4), 460-467.
- GUGLIELMINA M. (1968) Dosing of the citral in lemongrass oil. *Fr. Ses parfums*, 11(59), 221-228.
- HENNEBERG D., WEIMANN B., JOPPEK W. (1994) Mass spectrometry library search system MassLib, version 7.4 (for Ultrix). Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr, Germany (1994). Using MassLib the following data bases were searched:
- McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1988) The Wiley/NBS registry of massspectral data, 4th ed. Wiley-Interscience, New York, NY, USA.
 - HENNEBERG D., WEIMANN B., JOPPEK W. (1994) MPI library of massspectral data. Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr, Germany.
 - TEN NOEVER DE BRAUW M.C., BOUWMAN J., TAS A.C., LA VOS G.F. (1988) Compilation of mass spectra of volatile compounds in food. TNO-HVV-CSIA, Zeist, The Netherlands.
 - LECLERCQ P.A., SNIJDERS H.M. (1996) EUT library of EI mass spectra. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, The Netherlands.
- HOOKE J.D. (1885) The flora of British India. William Clowes and Sons Ltd., London, England, 5, 155-180.
- HUARGLIANG Y., SU M., MEILING P. (1994) The analysis of components of essential oil from fruit of *Litsea cubeba* and the study of antifungal activity / decay-free activity. *Tianran Chanwu Yanjiu Yu Kaifa*, 6(4), 1-5.

- JIAN Z., CHEN S., LIU S., ZHANG J., YANG Y., HU H. (1986) Chemical constituents of the essential oil from the root of *Litsea cubeba* (Lour.) pers. Huazhong Shifan Daxue Xuebao, Ziran Kexueban, 20(2), 169-173.
- KANJILAL U.N., KANJILAL P.C., DE R.N., DAS A. (2nd reprint, 1992) Flora of Assam. Periodical Expert Book Agency, Vivek Vihar, Delhi, India, 4, 46-101.
- LAWRENCE B.M. (1993) Progress in essential oils. *Perfum. Flavor.*, 18, 53-61.
- LIBBEY L.M. (1991) A Paradox database for GC/MS data on components of essential oils and other volatiles. *J. Essent. Oil Res.* 3, 193-194.
- LIN Z., HUA Y. (1987) Chemical constituents of 14 essential oils from Lauraceae growing in Yibin area, Sichuan Province. *Linchan Huaxue Yu Gongye*, 7(1), 46-64.
- LIU J., HONG L., ZHANG X. (1990) Study of *Litsea cubeba* oil separation with capillary supercritical fluid chromatography and capillary gas chromatography. *Sepu*, 8(4), 237-240.
- LU Y., WU X., LI Z., TANG D. (1990) Refinement, analysis and composition of *Litsea cubeba* oil. *Tianran Chanwu Yanjiu Yu Kaifa*, 2(2), 26-32.
- MASADA Y. (1967) Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1993) Mass spectrometry library search system BenchTop/PBM, version 3.0. Palisade Co., Newfield, NY, USA. Using BenchTop/PBM the following database was searched:
- McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1991) The Wiley/NBS registry of mass spectral data, 5th ed., Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- PUNYARAJUN S., NANDHASRI P. (1981) Volatile oil from *Litsea cubeba* in Thailand. *Varasarn Paesachasarthara*, 8(3), 65-70.
- RAMASWAMY S.K., BRISCESE P., GARGIULLO R.J., VON GELDERN T. (1986) Sesquiterpene hydrocarbons: from mass confusion to orderly line-up. In: *Flavors and Fragrances: A World perspective* (Proceed. 10th Internat. Congress of Essential Oils, Fragrances and Flavors. Washington, DC, USA). Lawrence B.M., Mookherjee B.C., Willis B.J. (eds.) Elsevier Science Publ., Amsterdam, The Netherlands (1988) 951-980.
- SANDRA P., BICCHI C. (1987) Capillary gas chromatography in essential oil analysis. Hüthig, Heidelberg, Germany.
- SCHULTZE W., KOENIG W.A., HILKERT A., RICHTER R. (1995) Lemon balm oil. Investigations of authenticity by enantioselective gas chromatography and isotope-ratio mass spectrometry. *Dtsch. Apoth. Ztg.*, 135(7), 17-18, 23-24, 27-28, 31-32, 35-36, 39.
- SHEN Z., WAN D., YAN Y., CHEN M. (1994) Study on the method for detection of adulteration in *Litsea cubeba* oil. *Huaxue Shijie*, 35(12), 649-653.
- WANG J., MENG S., LI J. (1983) Fatty acid composition in the seed oils of three *Litsea* species. *Zhiwu Xuebao*, 25(3), 245-249.
- WANG J., MENG S., LI J. (1985) Distribution of fatty acids in the family Lauraceae. *Zhiwu Xuebao*, 27(2), 177-185.
- XU H. (1968) Determination of citral in *Litsea cubeba* oil by spectrophotometry. *Xiangtan Daxue Ziran Kexue Xuebao*, (4), 60-63.
- ZHAN Y., LONG Y., YE F., ZHOU J. (1985) Analysis of *Litsea cubeba* oil in Hunan by gas chromatography. *Sepu*, 2(4), 190-194.
- ZHONG S., FENG Z. (1995) Analysis of the *Litsea cubeba* pit oil by wide-bore capillary gas chromatography - Fourier transform infrared spectroscopy. *Fenxi Huaxue*, 23(2), 132-136.

COMPOSITION DE L'HUILE ESSENTIELLE DE FEUILLES DE *LITSEA CUBEBA* PERS. D'ASSAM, INDE

S.N. CHOUDHURY^{1*}, R.Z. AHMED¹, A. BARTHEL^{2**} & P.A. LECLERCQ^{2*}

1. Department of Plant Sciences and Ecology, Regional Research Laboratory, Jorhat - 785006, Assam, Inde.

2. Department of Chemical Engineering, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, Pays-Bas.

Litsea cubeba Pers., très répandue dans le nord-est de l'Inde et connue en Assam sous le nom de 'mejankari', est une plante hôte secondaire du ver à soie 'muga' (*Antheraea assama* W/w). Les feuilles de cette plante sont aromatiques par nature. Les huiles essentielles ont été obtenues par hydrodistillation de feuilles fraîches récoltées dans trois lieux différents en Assam. Il a été observé que le rendement en huiles varie de 0,21 à 1,0 %. Les huiles ont été examinées à l'aide d'une chromatographie gazeuse (GC) à haute résolution et de chromatographie / spectrométrie de masse (GC/MS). De 25 à 51 composés ont été identifiés, pour 92 à 99 % des huiles. Le composant principal apparaît être le sabinène (15,9 % à 49,8 %). Des pourcentages de sabinène aussi importants n'ont jamais été rapportés. Les autres constituants de ces huiles sont le limonène (1,7 à 16,4 %), le terpinène-4-ol (5,2 à 11,0 %), le β -phellandrene (0,0 à 9,5 %) et le β -pinène (6,7 à 9,4 %).

INTRODUCTION

Litsea cubeba Pers., syn. *L. citrata*, Blume (connue localement sous le nom de 'mejankari'), est un arbuste aromatique, vivace, à feuilles caduques, de la famille des Lauraceae. La plante pousse naturellement dans l'est de l'Himalaya, en Assam, Manipur et d'autres régions du nord-est de l'Inde jusqu'à une altitude de 2700 m (Kanjilal et coll., 1992 ; Anon., 1987 et Hooker, 1885).

Lors d'une étude floristique sur des plantes rares, en voie d'extinction, inexploitées et aptes à la culture au Regional Research Laboratory, Jorhat, cette espèce fut rencontrée dans deux districts d'Assam, à savoir Jorhat et Sibsagar. Des tests organoleptiques et olfactifs ont été effectués sur des feuilles de plantes à leur source et ont démontré que la composition de leur huile essentielle pouvait différer d'un endroit à un autre.

Dans le nord-est de l'Inde *L. cubeba* est utilisée principalement pour l'élevage du muga. La plante est considérée comme une plante hôte secondaire, les plantes primaires étant *Persea bombycina* King. et *Litsea monopetala* Pers. (précédemment connue sous les noms respectifs de *Machilus bombycina* King. et *L. polyantha* Juss.). Les vers muga (*Antheraea assama* W/w) sont nourris de cette plante, plus particulièrement sur les hauteurs de l'Assam, à des fins de production de soie. La soie muga, produite à partir de cette plante est d'un jaune doré 'crèmeux' unique à l'état brut, ce qui la rend particulièrement attrayante. Cette soie (connue localement sous le nom de 'mejankari pat') est hautement appréciée et était autrefois exclusivement réservée aux rois et à la noblesse (Chaudhury, 1981). Elle est beaucoup plus honoreuse que la soie produite à partir de 'som' (*Persea bombycina*).

* Auteur auquel la correspondance doit être adressée.

** Adresse actuelle : Faculty of Chemistry and Mineralogy, Leipzig University, Leipzig, Allemagne.

La production de soie muga est unique à cette région et n'est rencontrée nulle part ailleurs dans le monde (Chaudhury, 1981 ; Bharali, 1969).

La littérature à propos de la composition des huiles de *Litsea cubeba* a été révisée (Lawrence, 1993 ; Bao, 1995).

Dans bien des cas, le citral a été rapporté comme étant le constituant principal d'huiles provenant de fruits non mûrs (Punyarajun et Nandhasri, 1981), de fruits (Lu et coll., 1990 ; Huargliang et coll., 1994), des écorces (Lin et Hua, 1987) et de parties de plantes non spécifiées (Guglielmina, 1968 ; Xu, 1968 ; et Shen et coll., 1994). Toutefois, l'huile essentielle de la feuille de *L. cubeba* de Taiwan contenait du 1,8-cineole, α -terpinyl acétate, du sabinène et du α - et β -pinène, comme ses composants principaux alors que l'huile provenant de la tige avait de hautes teneurs en limonène, 1,8-cineole, citronellal, caryophyllène, néral et géraniol (Cheng et Cheng, 1983).

Dans une huile de variété chinoise, l'éthyl acétate, l' α - et le β -pinène, le camphène, le limonène, le p-cymène, le β -methylheptenecetone, le methylheptylketone, le citronellal, le linalool, l' α -a-isopulégol, le citral b, l' α -terpinéol, le citral a, le citronellol, le géraniol, le safrôle et l'eugénol ont été identifiés comme ses principaux composés (Zhan et coll., 1985). L'huile de la racine chinoise comprenait principalement du linalool, du citronellal, de l' α -pinène, du camphène, du citronellol, de l' α -terpinéol et du 2-méthyl-6-keto-2-heptène (Jian et coll., 1986). L'investigation sur une autre huile de racine chinoise détermina du citronellal (59 %), du citronellol (9 %), du limonène (5 %) et de l' α -pinène (4 %) comme principaux constituants (Fu et coll., 1992). Une étude de l'huile de *L. cubeba* par chromatographie en phase gazeuse énantiosélective révéla elle aussi le citronellal comme le constituant principal, représentant de 33 à 56 % et de 44 à 67 % des énantiomères (+) et (-) respectivement, (Schultze et coll., 1995). L'huile du fruit de la variété chinoise contenait du nêrol, du β -caryophyllène, 2,6-diméthyl-5-hepten-1-al et 6-méthyl-5-hepten-2-ol (Liu et coll., 1990). L'huile de la graine de *L. cubeba* contenait comme constituant principal, de l'acide laurique (de 35 à 75 % des acides gras totaux) ; les acides cis-4-décénoïque, cis-4-dodécénoïque et cis-4-tétradécénoïque ont été identifiés aussi (Wang et coll., 1983 ; Wang et coll., 1985). L'huile du noyau de *L. cubeba* contenait plus de 80 composants dont 38 ont été identifiés (Zhong et Feng, 1995).

Cette étude documentaire indique qu'il y a une différence importante dans la composition des huiles suivant leur provenance. C'est pourquoi nous avons étudié les variations intervenant dans la composition de l'huile essentielle de *L. cubeba* provenant de plantes poussant naturellement en Assam, Inde. La composition des huiles provenant des tiges, des fleurs et des fruits de ces plantes est répertoriée dans d'autres études (Choudhury et coll., 1997). Dans l'étude présente, c'est la composition de l'huile des feuilles de *L. cubeba* qui est exposée.

MATERIELS ET METHODES

Matériel végétal :

Des feuilles fraîches ont été cueillies en mars 1996, dans les environs de Jogduar et de Jorhat, dépendants du district de Jorhat et dans la région de Borahibari du district de Sibsagar. Des exemplaires de spécimens ont été déposés à l'herbarium du Regional Research Laboratory, Jorhat, Assam, Inde.

Isolement des huiles essentielles :

Les feuilles fraîches et vertes (300 g) de chaque échantillon ont été hydrodistillées pendant 3 h, dans un appareil de type Clevenger afin de récolter des huiles limpides.

Analyse qualitative et quantitative :

L'huile a été examinée par GC et GC/MS capillaires.

GC - Un chromatographe à gaz Perkin-Elmer 8500, équipé d'un détecteur FID et d'une colonne de silice HP-1 (24 m × 0,32 mm, 0,17 µm d'épaisseur de film) a été utilisé. Les échantillons dissous dans de l'hexane ont été injectés selon le mode de fusion en utilisant de l'hélium à pression contrôlée comme gaz porteur, à une vitesse linéaire de 30 cm/s (à 60° C). Les températures de l'injecteur et du détecteur ont été maintenues à 250° C. La température du four à colonne était programmée de 60° C (après 2 mn) à 250° C à 4°/mn. La température finale a été maintenue pendant 20 mn. Les surfaces des pics et les temps de rétention ont été mesurés par intégration électronique. Les quantités relatives des composants individuels sont basées sur les surfaces de pics obtenues, sans correction du facteur de réponse FID. Les indices de rétention en température programmée (linéaire) ont été déterminés par rapport aux n-alkanes.

GC/MS - Les analyses ont été effectuées à l'aide d'un détecteur sélectif de masse Hewlett-Packard 5970A, directement couplé à un chromatographe à gaz HP 5790A. On a utilisé une colonne de silice HP-1, de 25 m × 0,20 mm, avec une épaisseur de film de 0,33 µm. La température du four à colonne a été programmée de 60° C (après 3 mn) à 300° C à raison de 5°/mn. L'injecteur et les températures de l'interface GC/MS ont été maintenues à 280° et 300° C respectivement. La pression du gaz porteur (l'hélium) était contrôlée afin de donner une vitesse de gaz linéaire de 44 cm/s (à 60° C). Les spectres de masse d'ionisation électroniques ont été acquis au-dessus de la gamme de masse 10-400 Da à une cadence de 2 spectres/s.

Identification des composants :

Les composants des huiles ont été identifiés en faisant correspondre leur spectre de masse 70 eV et les indices de rétention en température linéaire programmée, avec des banques de référence (Anon., 1986, Anon., 1994 ; Davis, 1990 ; Henneberg et coll., 1994 ; Libbey, 1991 ; Masada, 1967 ; Mc Lafferty et Stauffer, 1993, Ramaswami et coll., 1986, Sandra et Biechi, 1987).

RESULTATS ET DISCUSSION

La teneur en huile des feuilles de *L. cubeba* varie de façon significative suivant leur provenance. Le pourcentage le plus élevé (1,0 % p/p de feuilles fraîches) a été enregistré à Jodguar, le plus bas (0,21 %) provenait de la région de Jorhat. Les différences remarquables de contenu en huile essentielle peuvent avoir une influence sur l'odeur et le goût des feuilles cueillies dans des régions différentes.

La composition des huiles des feuilles de *L. cubeba* est présentée dans le tableau I. Ces résultats montrent que les huiles des feuilles de plants de *L. cubeba* récoltés dans le nord-est de l'Inde ont la caractéristique d'avoir une forte teneur en sabinène. Les huiles de la région de Jogduar contiennent le pourcentage le plus fort en sabinène (47,4 % - 49,8 %), tandis que les échantillons des huiles de Jorhat et de Borahibari en contiennent respectivement de 28,5 à 42,9 % et 15,9 %. Le sabinène est aussi le composant le plus important de l'huile des feuilles de *L. cubeba* de Taiwan (Cheng et Cheng, 1983) ainsi que de celle des fleurs d'Assam (Choudhury et coll., 1997).

Parmi les autres composants, le limonène a une concentration maximum de 16,4 % dans l'huile provenant de Borahibari, alors qu'il est seulement de 1,7 à 4,6 % dans les autres échantillons d'huiles. L'huile de Borahibari contient aussi le pourcentage le plus fort en terpinène-4-ol (11,0 %), contre seulement 5,2 à 6,3 % dans les huiles de Jorhat et de Jogduar. Parmi les échantillons, les variations de pourcentage de α - et β -pinène, étaient plutôt reserrées : de 7,9 à 8,9 % et de 6,7 à 9,4 % respectivement. En outre, seuls les composés tels le β -phellandrène (9,4 %-9,5 %), les deux hydrates de pinène (0,2 %-0,3 %), le δ -terpineol et le bicyclogerma-crène (0,0 %-0,1 %), ont été trouvés dans les huiles de Jogduar, alors que ces derniers étaient totalement absents des autres échantillons d'huile.

Les différences de rendement et de composition des huiles de feuilles de *L. cubeba*, provenant de lieux différents en Assam pourraient provenir de différences dans la condition des sols : les différences

d'origine climatique sont peu probables puisque les trois lieux en question sont tous situés à moins de 70 km les uns des autres. Les variations de rendement en huiles, en constituants individuels, ainsi que l'absence totale de certains composés dans un échantillon donné, peut influencer sur le goût des feuilles de certaines régions. L'adaptabilité ou la palatabilité des vers muga peut varier considérablement selon les variations des germoplasmes du nord-est de l'Inde. Chaudhury (1981) a signalé que seules les larves vigoureuses et en bonne santé pouvaient se développer convenablement avec des feuilles de *L. cubeba*. Aucune feuille d'autres plants primaires et secondaires destinés à la nourriture des vers muga ne contient un pourcentage d'huile essentielle atteignant 1,0 % p/p (poids secs). L'inaptitude des vers muga à se développer avec des feuilles de *L. cubeba* pourrait être due à la concentration importante d'huile essentielle présente dans ses feuilles. C'est pourquoi les auteurs estiment qu'il existe un besoin urgent d'examiner et de sélectionner un type de plante ou de variété de *L. cubeba* plus approprié, qui serait plus agréable au goût et plus largement acceptée par les vers muga. Habituellement, les populations de cette partie du pays utilisent *L. cubeba* indistinctement pour l'élevage des vers muga, sans connaître les variations de qualité de l'huile essentielle des plantes locales, ce qui les conduit à de pauvres résultats en matière d'élevage.

NUTRITIONAL STATUS OF THE MUGA FOOD PLANT - *LITSAEA POLYANTHA* (SOALU)

A. SRIVASTAVA, GEETIKA, D. PRAKASH*, R. SINGH, A.A. SIDDIQUE**, P.K. DAS,
S.S. RAGHUVANSHI

In vitro and Plant Genetics Unit, Botany Department, Lucknow University, Lucknow,
(Uttar Pradesh) India.

*The leaves of ten morphotypes of the muga food plant *Litsaea polyantha* were assessed for the difference in their biochemical constituents. Carbohydrate was maximum in F6 (280mg/100gm) and minimum in M3 (115 mg/100 gm). Protein was maximum in F5 (25.8%) and minimum in F2 and M4 (19%). Moisture was highest in F1 (74.41%) and lowest in F4 (61.72%). Nitrate ranged between 3.55% and 0.62% in M1 and F3 respectively.*

Keywords: Soalu, *Antheraea assama*, protein, carbohydrate, foliar constituents.

INTRODUCTION

The muga is a rare variety of silk indigenous to the state of Assam in India. India is the only country in the world that is bestowed with all the four varieties of silk namely mulberry, tasar, eri and muga. Muga silk is golden yellow in colour and is produced by the worm *Antheraea assama* which feeds on two primary food plants namely *Litsaea polyantha* and *Machilus bombycina* of the family of Lauraceae.

Litsaea polyantha is a small deciduous tree found in the hills of Dohradun and extending as far as Saharanpur and in the Brahmaputra valley. It grows in shady ravines. Though distributed over a large area its use in muga silk production is restricted only to the Assam Valley. The silkworm feeds on food plant leaves for the production of silk. There is a definite relationship between the quality of leaves and their nutritional value with the health, growth and survival of the silkworm. (Sinha *et al.*, 1986). Better the quality of leaves, better the chances of obtaining a good crop of cocoons. Hence, the selection of nutritively elite leaf bearing food plants would help in the rearing of healthy silkworms and a good cocoon crop.

Sinha and Jolly (1971) studied the foliar constituents of two oak tasar food plants i.e. *Quercus serrata* and *Q. incana* while the foliar constituents of three oak tasar food plants named *Q. himalayana*, *Q. dealbata* and *Castanea sativa* were reported by Sinha *et al.*, (1986). A comparative nutritive analysis was carried out by Banerjee *et al.* (1993) in seven different food plants of the temperate tasar silkworm.

OBSERVATIONS AND DISCUSSIONS

The present study is based on 10 different morphotypes of *Litsaea polyantha* which is a muga food plant. Out of these, there are 4 male morphotypes and 6 female morphotypes.

* National Botanical Research Institute, Lucknow (Uttar Pradesh).

** Regional Muga Research Station, Boko, (Assam).

Leaves have been collected from the Regional Muga Research Station (RMRS), Boka, Assam, where these morphotypes have been identified and cultivated. The leaves have been tested for carbohydrates, proteins, nitrate, and moisture. The amount of protein was estimated by Lowry's method and carbohydrate was determined by Michel Dubins calorimetric determination of sugars and related sugars (1956) and the mean values of 3 replicates for each of the biochemical constituents is reported (Table I).

Table I. Biochemical composition variation of *Litsaea polyantha*.

Tableau I. Variation de la composition biochimique de Litsaea polyantha.

Morphotype	Moisture	Protein	Carbohydrate	Nitrate
	Humidité %	Protéines %	Hydrates de carbone mg/100 gm	%
M1	72.04	20.0	165	3.55
M2	69.32	21.0	150	3.16
M3	65.80	24.0	115	1.18
M4	63.11	19.0	158	1.23
F1	74.41	25.0	240	1.84
F2	62.63	19.0	123	0.91
F3	62.74	20.0	142	0.62
F4	61.72	23.0	204	1.25
F5	66.86	25.8	186	1.80
F6	64.24	22.0	280	2.22

NB: F1, F2, F3, F4, F5, F6 stand for the six female morphotypes and M1, M2, M3, M4 stand for four male morphotypes; F1, F2, F3, F4, F5, F6 représentent les six morphotypes femelles et M1, M2, M3, M4 représentent les quatre morphotypes mâles.

Carbohydrates were found to be maximum in F6 (280mg/100 g) followed by F1, F4, F5, M1, M4, M2, F3 and F2 (240, 204, 186, 165, 158, 150, 142, 123 mg/100 g respectively). The minimum was found in M3 (115 mg/100g).

Protein which is another major component was calculated in percent and was found to be maximum in F5 (25.8). The series in descending order is F1, M3, F4, F6, M2, F3, M1 (25, 24, 23, 22, 21, 20, 20 percent respectively). The lowest value of 19 percent was recorded in two of the morphotypes of F2 and M4.

Nitrate was calculated in percentage and was found to be maximum in M1 (3.55) and minimum in F3 (0.62) with an average distribution of 1.78 percent.

The nutritional status of the leaves of mulberry which is directly related to the silkworm nutrition depends upon the level of moisture, protein, total carbohydrates and minerals (Anonymous, 1975). In soalu also, which is a food plant of the muga silkworm, the protein and carbohydrate content must be correlated with the nutritional superiority of the plant. Carbohydrate content of different

morphotypes was found to show significant differences with the maximum being in F6, but it had a lower protein constitution as compared to F5, F1, M3, F4. However, the difference in protein content amongst different morphotypes was significant, ranging between a maximum of 25.8% in F5 and a minimum of 19 percent in M4 and F2.

Sikdar (1993) reported a higher larval weight, cocoon yield and for other cocoon economic characters when the larvae were reared with the leaves of a triploid mulberry which were significantly superior for moisture, crude protein, sugar, starch and total carbohydrate content. Pillai and Jolly (1985) and Tayade *et al.* (1988) reported a reduction in larval duration due to feeding with leaves of some improved diploid varieties of mulberry. Narayanan *et al.* (1971), Verma and Khuswaha (1970) and Krishnaswami *et al.* (1971) reported an improvement in the cocoon yield and the economic characters of cocoon by feeding with the leaves of different mulberry varieties over local popular varieties. These reports indicate that a direct correlation exists between the nutritional status of the leaves and the cocoon quality in the case of the silkworm food plants.

Ten morphotypes of *Litsaea polyantha* have been identified on the basis of statistically significant morphological differences. The present study was undertaken to assess the differences at the biochemical level. It was found that different morphotypes differed significantly with regard to various constituents.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1975) Text Book of Tropical Sericulture, Japan. Overseas Co-operation Volunteers. Tokyo, Japan.
- BANERJEE N.D. *et al.*, (1993) Studies on the foliar constituents of the food plants of temperate tasar silkworm *Antheraea proylei* jolly. Indian Journal of Sericulture, 32(1): 228-230.
- DUBINS MICHEL *et al.* (1956) Calorimetric determination of sugars and related sugars. Analytical Chemistry (350-356).
- KRISHNASWAMI S. *et al.*, (1971) Silkworm feeding trials for evaluating the quality of mulberry leaves as influenced by variety, spacing and nitrogen fertilisation. Indian J. Seric., 10(1): 79-89.
- NARAYANAN *et al.*, (1971) Effect of varietal feeding, irrigation, levels of nitrogen fertilisation on the larval development of cocoon character of *Bombyx mori* L. Indian J. Seric. 10(1): 13-17.
- PILLAI S.V., JOLLY M.S. (1985) An evaluation of the quality of mulberry varieties raised under hill conditions and crop results of *Bombyx mori* L. Indian J. Seric. 24(1): 48-52.
- SIKDAR A.K. (1993) Chemo and bioassay of high yielding triploids and diploids of mulberry (*Morus* spp.), Indian J. Seric. 32(2): 169-174.
- SINHA A.K., JOLLY M.S. (1971) Foliar constituents of the food plants of tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. Indian For., 95(5): 261-263.
- SINHA *et al.*, (1986) Foliar constituents of the food plants of temperate tasar silkworm *Antheraea proylei* Indian J. Seric., 25(1): 42-43.
- TAYADE D.S. *et al.*, (1988) Evaluation of some improved strains of mulberry by feeding experiment under Marathawada conditions. India J. Seric 27: 92-94.
- VERMA S.K., KUSHWAHA K.S. (1970) Comparative growth of silkworm, *Bombyx mori* race Bullupolu reared on different mulberry varieties Indian J. Seric. Sci., 40(12): 1097-1107.

ETAT NUTRITIONNEL DE LA PLANTE HÔTE DU MUGA - *LITSAEA POLYANTHA* (SOALU)

A. SRIVASTAVA, GEETIKA, D. PRAKASH*, R. SINGH, A.A. SIDDIQUE**, P.K. DAS,
S.S. RAGHUVANSHI

In vitro and Plant Genetics Unit, Botany Department, Lucknow University, Lucknow,
(Uttar Pradesh) Inde.

Les feuilles de dix morphotypes de la plante hôte du muga, *Litsaea polyantha*, ont été évaluées par rapport à leur différence en constituants biochimiques. Les hydrates de carbone sont maximum chez F6 (280 mg/ 100 gm) et minimum chez M3 (115 mg / 100 gm). Les protéines sont maximum chez F5 (25,8 %) et minimum chez F2 et M4 (19 %). L'humidité est la plus élevée chez F1 (74,41 %) et la plus faible chez F4 (61,72 %). Le nitrate est compris entre 3,55 % et 0,62 % respectivement chez M1 et F3.

INTRODUCTION

Le muga est une variété de soie indigène rare, provenant de l'état de l'Assam en Inde. L'Inde est le seul pays dans le monde à être doté des quatre variétés de soie à savoir, le mûrier, le tasar, l'eri et le muga. La soie muga est de couleur jaune doré et est produite par le ver à soie *Antheraea assama*, qui se nourrit sur deux plantes hôtes primaires en l'occurrence *Litsaea polyantha* et *Machilus bombycina* de la famille des Lauraceae.

Litsaea polyantha est un petit arbre à feuilles caduques, que l'on trouve dans les collines de Dehradun jusqu'à Saharanpur et dans la vallée du Brahmapoutre. Il pousse dans des ravins ombragés. Bien qu'il soit distribué sur une zone étendue, son utilisation dans la production de soie muga est uniquement limitée à la vallée de l'Assam. Il existe une relation certaine entre la qualité des feuilles et leur valeur nutritionnelle et la santé, la croissance et la survie du ver à soie (Sinha et coll., 1986). Plus la qualité des feuilles est bonne, plus les chances d'obtenir une bonne récolte de cocons sont élevées. Ainsi, la sélection de plantes hôtes aux feuilles nutritionnellement supérieures favoriserait l'élevage de vers à soie sains et l'obtention d'une bonne récolte de cocons.

Sinha et Jolly (1971) ont étudié les constituants foliaires de deux plantes hôtes du tasar du chêne, à savoir *Quercus serrata* et *Q. incana* tandis que les constituants foliaires de trois plantes hôtes du tasar du chêne appelées *Q. himalayana*, *Q. dealbata* et *Castanea sativa* ont été observées par Siha et coll., (1986). Une analyse comparative a été réalisée par Banarjee et coll., (1993) chez sept plantes hôtes différentes du ver à soie tasar tempéré.

OBSERVATIONS ET DISCUSSIONS

L'étude actuelle se base sur dix morphotypes différents de *Litsaea polyantha*, qui est une plante hôte du muga. Parmi eux, il y a quatre morphotypes mâles et 6 morphotypes femelles. Les feuilles ont été recueillies à la *Regional Muga Research Station* (RMRS), Boka, dans l'Assam, où ces

* National Botanical Research Institute, Lucknow (Uttar Pradesh).

** Regional Muga Research Station, Boko, (Assam).

morphotypes ont été identifiés et cultivés. Les feuilles ont été testées en hydrates de carbone, en protéines, en nitrate et en humidité. La quantité de protéines a été estimée par la méthode de Lowry et les hydrates de carbone ont été déterminés par la calorimétrie des sucres et des sucres associés de Michel Dubins (1956). Les valeurs moyennes de 3 répétitions pour chacun des constituants biochimiques sont présentées (Tableau I).

On observe que les hydrates de carbones sont maximum chez F6 (280 mg / 100 g) suivis par F1, F4, F5, M1, M4, M2, F3 et F2 (240, 204, 186, 165, 158, 150, 142, 123 mg / 100 g respectivement). Le minimum est observé chez M3 (115 mg/ 100 g).

Les protéines qui sont l'un des autres composants principaux sont calculées en pourcentage et on observe qu'elles sont maximum chez F5 (25,8). La suite dans l'ordre descendant est F1, M3, F4, F6, M2, F3, M1 (25, 24, 23, 22, 21, 20, 20 pour-cent respectivement). La valeur la plus faible de 19 pour-cent est observée chez deux des morphotypes F2 et M4.

Le nitrate est calculé en pourcentage et l'on trouve qu'il est maximum chez M1 (3,55) et minimum chez F3 (0,62) avec une distribution moyenne de 1,78 pour-cent.

L'état nutritionnel des feuilles de mûrier qui est directement lié à la nutrition du ver à soie dépend du niveau d'humidité, des protéines, des hydrates de carbone totaux et des minéraux (Anonyme, 1975). Chez soalu aussi, qui est une plante hôte du ver à soie muga, la teneur en protéines et en hydrates de carbone doit être corrélée avec la supériorité nutritionnelle de la plante. On observe que la teneur en hydrates de carbone de différents morphotypes présente des différences importantes, la plus élevée apparaissant chez F6, mais il a une constitution en protéines plus faible comparé à F5, F1, M3, F4. Cependant, la différence de teneur en protéines chez les différents morphotypes est importante, elle est comprise entre un maximum de 25,8 % chez F5 et un minimum de 19 pour-cent chez M4 et F2.

Sikdar (1993) a signalé un poids larvaire, un rendement en cocons, et des caractères économiques plus élevés quand les larves sont élevées avec les feuilles d'un mûrier triploïde qui sont significativement supérieures en humidité, en protéines brutes, en sucres, en amidon et en hydrates de carbone totaux. Pillai et Jolly (1985) et Tayade et coll., (1988) ont signalé une baisse de la durée larvaire grâce à l'alimentation avec des feuilles de certaines variétés de mûrier diploïdes améliorées. Narayanan et coll. (1971), Vrema et Khuswaha (1970) et Krishnaswami et coll., (1971) ont signalé une amélioration du rendement en cocons et des caractères économiques du cocon grâce au nourrissage avec des feuilles de différentes variétés de mûrier plutôt qu'avec les variétés locales populaires. Ces rapports indiquent qu'il existe une corrélation directe entre l'état nutritionnel des feuilles et la qualité du cocon pour les plantes hôtes du ver à soie.

Dix morphotypes de *Litsaea polyantha* ont été identifiés sur la base de différences morphologiques importantes au plan statistique. L'étude présente a été entreprise pour évaluer les différences au niveau biochimique. On a observé que les morphotypes diffèrent de manière significative par rapport aux divers constituants.

VARIATION IN COCOON CHARACTERISTICS OF 'MUGA SILKWORM' (*ANTHERAEA ASSAMA* WESTWOOD) REARED ON 'SOM' (*PERSEA BOMBYCINA* KOST.), COLLECTED FROM DIFFERENT PLACES OF UPPER ASSAM, INDIA

R.Z. AHMED, S.N. CHOUDHURY* & P.R. BHATTACHARYYA

Regional Research Laboratory, Jorhat - 785006, Assam, India.

*In an experiment on comparative cocoon characteristics of muga silkworm (*Antheraea assama* Westwood) reared on 'som' (*Persea bombycina* Kost.) in different parts of Assam, India, marked variations were recorded in cocoon weight (1.20-5.99 g), shell weight (0.285-0.46 g), silk-ratio percent (7.67-27.1%), pupa weight (0.83-5.4 g) and cremaster weight (0.037-0.056 g), in addition to certain other features. Sericin and fibroin content of the cocoons reared on different plants varies from 15.0-21.5% and 71.47-84.9%, respectively.*

Keywords: *Antheraea assama*, muga silkworm, cocoon characteristics, silk-ratio percent, fibroin content, sericin content.

INTRODUCTION

The muga silkworm, *Antheraea assama* Westwood (Lepidoptera: Saturniidae) (Mani M.S., 1968), an important sericigenous insect, restricted to the Northeast India and to a small part of Bhutan, has a great commercial significance as it yields the muga silk, not produced elsewhere within the globe (Bharali, 1972; Chaudhury, 1981; Yadav and Goswami, 1992; Hazarika *et al.*, 1995). The local term 'muga' is due to the ambre colour of the silk yarn produced by the worm. The muga worm is multivoltine in nature, having five to six generations in a year which are designated in the Assamese calendar as 'Jethua', 'Aherua', 'Bhodua', 'Kotia', 'Jarua' and 'Chotua', corresponding to the months of April-May, June-July, July-August, September-October, November-December and February-March, respectively (Chaudhury, 1981).

The muga cocoon is single shelled, oblong in shape, closed and reelable (Jolly *et al.*, 1979). The average size varies from 4.5-6.0 cm in length, 2.5 cm in diameter, having in most instances a rudimentary peduncle (Chaudhury, 1992). The average weights range between 2.6-8.6 g and the silk ratio between 4.7 and 10.5%. The qualitative and quantitative features of cocoons vary extensively depending on the season (Thangavelu, *et al.*, 1985) as well as on the biochemical parameters of the host plants (Sharma *et al.*, 1995). The values of the silk ratio percent give a fair indication of the quantum of raw silk material that can be reeled from cocoons (Barah *et al.*, 1988).

The natural silk fibre is composed of two brins of fibroin derived from the two silk glands of the silkworm and is covered by a gum known as sericin. The amount of sericin varies from 7.88% (Chaudhury, 1992) to 30% (Krishnaswamy *et al.*, 1972). The yellow cocoons in general, are richer in sericin content than the white ones. Sericin is soluble even in dilute acids or alkalies (Choudhury,

* Address for correspondence.

1992) and in hot water but fibroin is insoluble in hot water or dilute alkalies (Maxwell-Lefroy H., 1909).

In order to reel the cocoons for obtaining the silk yarn, it is essential to remove a certain amount of sericin to soften the cocoon. This makes the silk baves stick together during reeling. Generally degumming is done in dilute alkali solutions (Chaudhury, 1981). The amount of sericin lost in this process is not yet studied intensively. Hence, the present study is undertaken to reveal the fluctuation of certain cocoon properties (i.e. shell weight, silk-ratio percent, sericin and fibroin content) of muga silkworms reared on plants collected from several locations of Upper Assam, India.

MATERIALS AND METHODS

Five plants, collected from Barahibari, Sibsagar (26° 855" N, 94° 640" E); Bogidhola and Sorupothar, Golaghat (26° 495" N, 93° 380" E); Titabar, Jorhat (26° 585" N, 94° 210" E) and Dhakuakhana, Lakhimpur (27° 190" N, 94° 440" E) were selected for the experiment.

About 15 kg of cocoons, for each of the above five plants were considered for the experiment and cocoon weight, shell weight, pupal weight, cremaster weight, silk-ratio percent, sericin and fibroin percent were determined by a modified method of Krishnaswamy *et al.*, (1972). For the estimation of the sericin and fibroin content, ten cocoons from each plant were first oven-dried at 70° Celsius and then cooled in a desiccator, made previously humid-free by using anhydrous CaCO₃. The heating and cooling procedure was repeated several times until the shell weight became constant. The shells were then boiled at 95° Celsius for 45 min. in 0.3% sodium carbonate solution, (15 g shells in 300 ml). Then, the shells were squeezed and boiled again for 20 min. in 0.1% sodium carbonate solution keeping the w/v ratio constant. After squeezing, the shells were boiled in distilled water for 20 min. and after cooling they were again washed in cool distilled water, squeezed and dried in a hot air-oven at 90° Celsius overnight. The shells were immediately transferred to a humid-free desiccator. The constant weight recorded indicates the fibroin content. The difference between the shell weight and the fibroin weight represents the sericin content.

RESULTS AND DISCUSSION

A perusal of the data (Table I) indicated that the maximum cocoon weight (5.64 to 5.99 g), shell weight (0.432 to 0.460 g) and pupal weight (5.118 to 5.408g) have been obtained from the cocoons reared on the plants collected from Sorupothar and Barahibari. The same plants also produced cocoons with a relatively higher fibroin content (84.22 to 84.91%). In contrast, the cocoons produced by worms reared on plants collected from Dhakuakhana, Bogidhola and Titabar, recorded comparatively low figures for the above features.

The percentage of sericin and fibroin bears a fairly good correlation with the weight of the cocoon. The least the sericin content, the more is the cocoon and the shell weight. On the contrary, fibroin (the true silk) bears a positive correlation with the cocoon's property. Further, there exists a considerable fluctuation in the sericin and the fibroin content amongst the cocoons from all the plants. Moreover, it is also clear from the table that the fibroin has an inverse relation with the silk ratio percent and sericin bears a direct relation. Identical facts are being noticed with respect to the relation of the pupa and cremaster with that of sericin and fibroin content. The pupa weight bears a direct and inverse relation with fibroin and sericin, respectively, while it is vice-versa in the case of the cremaster weight.

Table I. Variations in mean wt. (g) of certain cocoon* characteristics of 'muga silkworm' (*Antheraea assama* Ww) of a 'kotia' (September-October) brood reared on plants collected from various places of Upper Assam, India.

Tableau I. Variations en poids moyen (g) de certaines caractéristiques du cocon du ver à soie muga (*Antheraea assama* Ww) de la génération 'Kotia' (Septembre-Octobre) élevée sur des plantes recueillies dans des endroits variés du Haut-Assam, en Inde.*

Brood	Location of plant source	Cocoon Weight	Shell Weight	Silk ratio percent	Pupa weight	Cremaster weight	Silk protein %	
							Sericin	Fibroin
Génération	Provenance de la plante	Poids du cocon	Poids de la coque	% de richesse soyeuse	Poids de la chrysalide	Poids du crémaster	% de protéine de soie	
							Séricine	Fibroïne
KOTIA	Sorupothar (Golaghat)	5.640	0.432	7.65	5.118	0.045	15.77	84.22
	Dhakuakhana (Lakhimpur)	1.202	0.326	27.13	0.830	0.056	21.57	78.47
	Bogidhola (Golaghat)	1.273	0.285	22.39	0.844	0.045	18.12	81.17
	Titabar (Jorhat)	1.403	0.315	22.45	1.051	0.042	19.89	80.10
	Barahibari (Sibsagar)	5.990	0.460	7.67	5.408	0.037	15.09	84.91

* Average of ten cocoons / Moyenne de dix cocons.

From the above study, it is obvious that these marked variations in the quantitative as well as qualitative features of the cocoons may be due to a variation in the biochemical properties of the plants which have influenced the feeding behaviour of the worms.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors expressed their sincere gratitude to the North Eastern Council, Shillong, Meghalaya, India, for their financial help in carrying out this piece of work.

REFERENCES

- BARAH A., PHUKAN S.N., SAMSON M.V. (1988) Variation in cocoon characters of *Antheraea assama* Ww during different seasons. *Sericologia* 28(2), 215-218.
- BHARALI N.N. (1972) 'ITIHASAR PAATOT DESH-BIDESHAR RESAM AARU BOYON SHILPA' (Assamese) Publ. by Ms. Nidramoyee Bharali, Jorhat, Assam, India, 1-31.
- CHAUDHURY S.N. (1981) Muga Silk Industry, Directorate of Sericulture & Weaving, Govt. of Assam, Guwahati - 781005, Assam, India, 1-31.
- CHOUDHURY S.N. (1992) Silk and Sericulture, Directorate of Sericulture, Govt. of Assam, Guwahati - 781005, Assam, India, 44-86.
- HAZARIKA R.L., SEN P., BHATTACHARYYA S., DEKA P.C., BARUAH J.N. (1995) Determination of quality of *Machilus bombycina* for rearing *Antheraea assama* Westwood. *Indian J. Seric.*, Central Silk Board, 34(1), 122-126.
- JOLLY M.S., SEN S.K., SONWALKER T.N., PRASAD G.K. (1979) Non-mulberry Silks, FAO Agricultural Services Bulletin, 29, FAO, ROME, 123.
- KRISHNASWAMY S., MADHARAO N.R., SURYANARAYANA S.K., SUNDARAMURTHY T.S. (1972) Sericultural Manual 3 - Silk reeling, FAO Agricultural Services Bulletin, 15/3, FAO, ROME, 19-38.
- MANI M.S. (1968) General Entomology, Oxford & IBH Publishing Co., Calcutta 16, India, 412-413.
- MAXWELL-LEFROY H. (1909) Indian Insect Life: Today and Tomorrow's Print. & Publ., New Delhi, India, 487.
- SEITZ A. (1933) The Macro Lepidoptera of the world, Alfred Kern publishers Stuttgart, Vol. 10, pp 909.
- SHARMA D.K., DEVI D., TURCHETTO M. (1995) Seasonal variations in the haemolymph free amino acids of *Antheraea assama* Westwood. *Indian J. Seric.*, Central Silk Board, 34(2), 122-126.
- SHENG J. (1987) Relations between the aggregate-state structures of silks and the properties of silkworm cocoons, Suzhou Silk Res. Inst., Suzhou, Peop. Rep. China, Fangzhi Xuebao, 8 (1), 25-28
- TAZIMA Y. (1978) The silkworm - An important laboratory tool, Kodansha Ltd., 12-21, Otowa 2-Chome, Bunkyo-Ku, Tokyo 112, Japan 189-209.
- THANGAVELU K., CHAKRABARTY A.K. (1985) Annual Report, 1984-85, Regional Muga Research Station, Mirza, Assam, India.
- THANGAVELU K., SAHU A.K. (1986) Further studies on the indoor rearing of muga silkworm (*Antheraea assama* Ww Saturniidae : Lepidoptera), *Sericologia* 26(2), 215-224.
- TROATMAN E.R. (1975) Dyeing & Chem. Technology of Textile fibres, Charles Griffin & Co. Ltd., 5th Edition. 107-108.
- YADAV G.S., GOSWAMI B.C. (1989) Correlation and regression studies between cocoon weight and shell weight of muga silkworm on two different types of food, *Sericologia* 29(2), 219-224.
- YADAV G.S., GOSWAMI B.C. (1992) Studies on the foliar constituents of 'som' (*Machilus bombycina* King) and 'soalu' (*Litsea polyantha* Juss.), *Sericologia* 32(3), 447-451.
- YADAV G.S., SIDDIQUI A.A., BARAH A., RAJA RAM & SENGUPTA A.K (1992) Studies on association of fecundity with cocoon weight, shell weight and pupa weight of muga silkworm (*Antheraea assama* Westwood) during two commercial crops. *RMRS, Boko, Assam, India. J. Assam Sci. Soc.* 34(2), 13-18.

VARIATION DES CARACTERISTIQUES DES COCONS DU VER A SOIE MUGA (*ANTHERAEA ASSAMA* WESTWOOD) ELEVES SUR « SOM » (*PERSEA BOMBYCINA* KOST.) ET PROVENANT D'ENDROITS DIFFERENTS DANS LE HAUT ASSAM EN INDE

R.Z. AHMED, D.N. CHOUDHURY* & P.R. BHATTACHARYYA

Regional Research Laboratory, Jorhat - 785006, Assam, Inde.

*Des variations marquées de poids du cocon (1,20 à 5,99 g), de poids de la coque (0,285 à 0,46 g), de la richesse soyeuse (7,67 à 27,1 %), du poids de la chrysalide (0,83 à 5,4 g) du poids du crémaster (0,037 à 0,056 g) et d'autres caractères ont été observées au cours d'une expérience sur les caractéristiques du cocon du ver à soie muga (*Antheraea assama* Westwood) élevé sur « som » (*Persea bombycina* Kost) dans différents endroits de l'Assam en Inde. La teneur en sérécine et en fibroïne des cocons élevés sur des plantes différentes varie respectivement de 15 à 21,5 % et de 71,47 à 84,9 %.*

INTRODUCTION

Le ver à soie muga, *Antheraea assama* Westwood (Lepidoptera : Saturniidae) (Mani M.S., 1968), un insecte sérécigène important, limité au nord-est de l'Inde et à une petite partie du Bhoutan est très important sur le plan commercial parce qu'il donne la soie muga, qui n'est produite nulle part ailleurs sur le globe (Bharali, 1972 ; Chaudhury, 1981 ; Yadav et Goswami, 1992, Hazarika et coll., 1995). Le terme local de « muga » est dû à la couleur ambrée du fil de soie produit par le ver. Le ver muga est de nature polyvoltine et présente cinq à six générations par an qui sont désignées dans le calendrier de l'Assam sous le nom de « Jethua », « Aherua », « Bhodia », « Kotia », « Jarua » et « Chotua », correspondant respectivement aux mois d'avril-mai, juin-juillet, juillet-août, septembre-octobre, novembre-décembre et février-mars, (Chaudhury, 1981).

Le cocon muga a une seule coque, de forme oblongue, fermée et dévidable (Jolly et coll., 1979). La taille moyenne varie de 4,5 à 6 cm en longueur, avec un diamètre de 2,5 cm, et dans la plupart des cas un pédoncule rudimentaire (Chaudhury, 1992). Les poids moyens sont compris entre 2,6 à 8,6 g et la richesse soyeuse entre 4,7 et 10,5 %. Les traits qualitatifs et quantitatifs des cocons varient largement en fonction de la saison (Thangavelu et coll., 1985) et aussi en fonction des paramètres biochimiques des plantes hôtes (Sharma et coll., 1995). Les valeurs de la richesse soyeuse donnent une bonne indication de la part de soie grège qui peut être dévidée des cocons (Barah et coll., 1988).

La fibre de soie naturelle est composée de deux brins de fibroïne provenant des deux glandes sérécigènes du ver à soie et est recouverte par une gomme, la sérécine. La quantité de sérécine varie de 7,88 % (Chaudhury et coll., 1992) à 30 % (Krishnaswamy et coll., 1972). Les cocons jaunes sont en général plus riches en sérécine que les blancs. La sérécine est soluble même dans les acides dilués ou les alcalis (Choudhury, 1992) et dans l'eau chaude mais la fibroïne est insoluble dans l'eau chaude ou dans les alcalis dilués (Maxwell-Lefroy H., 1909).

* Auteur auquel la correspondance doit être adressée.

Pour dévider les cocons afin d'obtenir le fil de soie, il est essentiel d'enlever une certaine quantité de sérécine pour amollir le cocon. Elle lie les baves de soie entre elles pendant le dévidage. Généralement, le décreusage se fait dans des solutions d'alcali diluées (Chaudhury, 1981). La quantité de sérécine perdue pendant cette opération n'a pas encore été étudiée en détail. Ainsi, l'étude actuelle a été entreprise pour observer les fluctuations de certaines des propriétés des cocons (poids de la coque, richesse soyeuse, teneur en sérécine et en fibroïne) chez le ver à soie muga élevé sur des plantes recueillies à des endroits divers dans le Haut Assam, en Inde.

MATERIELS ET METHODES

Cinq plantes, recueillies à Barahibari, Sibsagar (26° 55' N, 94° 64' E) ; Bogidhola et Sorupothar, Golaghat (26° 49' N, 93° 38' E) ; Titabar, Jorhat (26° 58' N, 94° 21' 0E) et Dhakuakhana, Lakhimpur (27° 19' N, 94° 44' E) sont sélectionnées pour l'expérience.

Environ 15 kg de cocons, provenant de chacune des cinq plantes ci-dessus, sont considérés pour l'expérience et le poids du cocon, le poids de la coque, le poids pupal, le poids du crémaster, la richesse soyeuse, la teneur en sérécine et en fibroïne sont déterminés d'après une méthode modifiée de Krishnaswamy et coll. (1972). Pour l'estimation de la teneur en sérécine et en fibroïne, dix cocons provenant de chacune des plantes sont d'abord séchés au four à 70 ° Celsius puis refroidis dans un dessiccateur, débarrassé de son humidité en utilisant du CaCO₃ anhydre. La procédure de chauffage et de refroidissement est répétée plusieurs fois jusqu'à ce que le poids de la coque devienne constant. Les coques sont ensuite bouillies à 95 ° Celsius pendant 45 minutes dans une solution de carbonate de sodium à 0,3 %, (15 g de coques dans 300 ml). Puis, les coques sont pressées et rebouillies pendant 20 minutes dans une solution de carbonate de sodium à 0,1 % en maintenant le rapport p/v constant. Après les avoir pressées, les coques sont bouillies dans de l'eau distillée pendant 20 minutes et après refroidissement elles sont à nouveau rincées dans de l'eau distillée froide, pressées et séchées dans un four à air chaud à 90 ° Celsius pendant la nuit. Les coques sont immédiatement transférées dans un dessiccateur sans humidité. Le poids constant enregistré indique la teneur en fibroïne. La différence entre le poids de la coque et le poids de la fibroïne représente la teneur en sérécine.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'examen des données (Tableau I) indique que le poids maximum du cocon (5,64 à 5,99 g), de la coque (0,432 à 0,460 g) et de la chrysalide (5,118 à 5,408 g) sont obtenus chez les cocons élevés sur les plantes recueillies à Sorupothar et Barahibari. Les mêmes plantes produisent aussi des cocons avec une teneur en fibroïne relativement plus élevée (84,22 à 84,91 %). Par opposition, les cocons produits par les vers élevés sur les plantes recueillies à Dhakuakhana, Bogidhola et Titabar, enregistrent des chiffres comparativement bas pour les traits ci-dessus.

Le pourcentage de sérécine et de fibroïne sont assez bien corrélés avec le poids du cocon. Plus la teneur en sérécine est faible, plus le poids du cocon et de la coque est élevé. Au contraire, la teneur en fibroïne (la vraie soie) est corrélée positivement avec les propriétés du cocon. De plus, il existe une fluctuation considérable de la teneur en sérécine et en fibroïne parmi les cocons provenant des diverses plantes. Par ailleurs, il est aussi clair d'après le tableau que le taux de fibroïne a une relation inverse avec la richesse soyeuse et la sérécine tandis que le taux de sérécine a une relation directe. Des faits identiques sont observés pour ce qui est de la relation entre le poids de la chrysalide et celui du crémaster avec la teneur en sérécine et en fibroïne. Le poids de la chrysalide a une relation respectivement directe et inverse avec la fibroïne et la sérécine, tandis que c'est l'inverse dans le cas du poids du crémaster.

Il est évident d'après l'étude ci-dessus que ces variations marquées des caractères quantitatifs et qualitatifs des cocons pourraient être dues à une variation des propriétés biochimiques des plantes qui ont influencé le comportement de nourrissage des vers.

ESSENTIAL OIL OF *MAGNOLIA PTEROCARPA* ROXB. A NEW REPORT FROM NORTHEAST INDIA

S.N. CHOUDHURY¹ & P.A. LECLERCQ²

1. Plant Sciences and Ecology Division, Regional Research Laboratory,
Jorhat - 785006, Assam, India.

2. Laboratory of Instrumental Analysis, Department of Chemical Engineering, Eindhoven
University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands.

Magnolia pterocarpa Roxb., with the local name of 'chapa', is a secondary food plant for the 'muga' silkworm (*Antheraea assama* Ww). Organoleptic and smearing smell of the leaves of this plant species at the collection places of Jorhat and Sibsagar districts of Assam, India, indicated the presence of essential oil in these leaves, which has not been reported previously. Hydrodistillation of the fresh green leaves gave a clear and sweet scented oil in 0.41% to 0.49% (w/w) yield. The oil composition was investigated by GC and GC/MS. Twenty-one constituents have been identified, accounting for 99.8% of the oil. The major component of the oil was eugenyl methyl ether (76.3%), and other significant compounds were 1,8-cineole (5.3%), (E)- β -ocimene (4.3%), saffrole (2.4%), sabinene (2.2%) and β -caryophyllene (2.0%).

Keywords: *Magnolia pterocarpa*, Magnoliaceae, muga food plant, essential oil composition, eugenyl methyl ether.

INTRODUCTION

Magnolia pterocarpa Roxb., formerly named *Magnolia spheocarpa* (Bennet, 1987), is a perennial evergreen tree of the *Magnoliaceae* family, found naturally in the tropical Himalayan forests from Nepal to Assam, the Khasi hills and Chittagong up to an elevation of 1000 m above mean sea level (Hooker, 1872; Kanjilal *et al.*, 1992). In the course of a floristic survey for rare, endangered and unexploited plants suited for cultivation, this plant species was encountered as an important bioresource. A survey of the literature indicated that this plant is a secondary host for muga silkworms (*Antheraea assama* Ww) which produce glossy white silk. The yarn obtained is fine and durable and the silk has a high value. Muga silk is unique and very specific to the north-eastern states of India and found nowhere else in the world (Chaudhury, 1981; Bharali, 1982).

The literature survey failed to uncover any published work on the composition of the essential oil of this plant species. Hence this paper is the first report on the constituents of the essential oil from the leaves of *M. pterocarpa*.

MATERIALS AND METHODS

Plant material:

Fresh green leaves were collected from well-grown trees in the Jorhat districts of Assam. A voucher specimen was deposited in the herbarium of the Regional Research Laboratory, Jorhat, Assam.

Isolation of the essential oils:

The oils were isolated by hydrodistillation of fresh leaves (300 g) in a Clevenger type apparatus for 3 h, yielding 0.41% to 0.49% (w/w) of a clear oil.

Qualitative and quantitative analysis:

The oils were investigated by capillary GC and GC/MS.

GC: A Perkin Elmer AutoSystem XL gas chromatograph equipped with a FID detector and a HP-1 fused silica column (25 m × 0.20 mm, 0.25 µm film thickness) was employed. The samples were injected in the split mode, using pressure controlled helium as carrier gas at a linear velocity of 30 cm/s (at 60 °C). The injector and detector temperatures were maintained at 250 °C. The oven temperature was programmed from 60 °C (after 2 min) to 250 °C at 4°/min and the final temperature was held for 20 min. Peak areas and retention times were measured by electronic integration. The relative amounts of individual components are based on the peak areas obtained, without the FID response factor correction. Temperature programmed, linear retention indices of the compounds were determined relative to n-alkanes.

GC/MS: Analyses were carried out with a Hewlett-Packard 5970A mass selective detector (MSD), directly coupled to a HP 5790A gas chromatograph. A 25 m × 0.20 mm fused silica HP-1 column, with a film thickness of 0.33 µm, was employed. The column oven temperature was programmed from 60° C (after 3 min) to 300 °C at 5°/min. The injector and GC-MS interface temperatures were maintained at 280 and 300 °C, respectively. Helium carrier gas was pressure-controlled to give a linear gas velocity of 44 cm/s (at 60° C). Electron ionisation mass spectra were acquired over the mass range of 10-400 Da at a rate of 2 spectra/s.

Component identification:

The constituents of the oil were identified by matching their 70 eV EI mass spectra and retention indices with reference libraries (Adams, 1995; Anonymous, 1986, 1994; Davis, 1990; Henneberg *et al.*, 1994; Libbey, 1991; Masada, 1967; McLafferty and Stauffer, 1993; Ramaswamy *et al.*, 1986; Sandra and Bicchi, 1987).

RESULTS AND DISCUSSION

Hydrodistillation of the fresh leaves of *M. pterocarpa* produced transparent, sweet scented oils in yields ranging from 0.41% to 0.49%. Detailed GC and GC/MS analyses showed that these oils were complex mixtures of more than 25 compounds. The chemical composition of a typical leaf oil is presented in Table I. Twenty two compounds could be identified, representing 99.8% of the oil. The oil is characterised by a high percentage of eugenyl methyl ether (76.3%), which is the principal component. The remainder of the oil was constituted of 11 monoterpene hydrocarbons (9.4%), three oxygenated monoterpenes (7.2%), three sesquiterpene hydrocarbons (3.1%), and three oxygenated sesquiterpenes (1.5%). None of the individual compounds amounted to more than 2.4% except (E)- β -ocimene (4.3%) and 1,8-cineole (5.3%).

Table I. Composition of the natural essential oil from the leaves of *Magnolia pterocarpa* Roxb. (Magnoliaceae) from Assam, India.

*Tableau I. Composition de l'huile essentielle naturelle des feuilles de *Magnolia pterocarpa* Roxb. (Magnoliaceae) d'Assam, en Inde.*

Compound	RI ^a	Percentage ^b
<i>Composant</i>		<i>Pourcentage^b</i>
α -thujene / α -thuyène	921	0.1
α -pinene / α -pinène	928	0.7
Sabinene / Sabinène	962	2.2
β -pinene / β -pinène	967	1.2
Myrcene / Myrcène	982	0.3
α -terpinene / α -terpinène	1008	tr
1,8-cineole / 1,8-cinéol	1016	5.3
Limonene / Limonène	1019	0.2
(Z)- β -ocimene / (Z)- β -ocimène	1027	0.2
(E)- β -ocimene / (E)- β -ocimène	1038	4.3
γ -terpinene / γ -terpinène	1047	0.1
Terpinolene / Terpinolène	1077	0.1
Linalool / Linalol	1084	1.0
Terpinen-4-ol / Terpinène-4-ol	1158	0.3
α -terpineol / α -terpinéol	1169	0.9
Safrol / Safrol	1259	2.4
Eugenyl methyl ether / Methyl eugénol	1371	76.3
β -caryophyllene / β -caryophyllène	1411	2.0
α -humulene / α -humulène	1444	0.3
Bicyclgermacrene / Bicyclgermacrène	1487	0.8
Spathulenol / Spathuléol	1557	0.6
Caryophyllene oxide / Caryophyllène oxyde	1562	0.5

a. Measured linear retention indices on an HP-1 column, relative to n-alkanes. / Indices de rétention linéaire mesurés sur une colonne HP-1 par rapport aux n-alcane.

b. Area %; tr = trace (< 0.1 %) / Surface en pourcentage ; tr = trace (< 0.1 %).

These results show for the first time that the leaf oils from *M. pterocarpa* found naturally in north-eastern parts of India are characterised by a high content of eugenyl methyl ether. Eugenyl methyl ether may have a pronounced effect on the sweet odour of the leaf oil, as the ethereal compounds in general are characterised by a pleasant smell.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank Dr J.S. Shandhu, Director of the Regional Research Laboratory at Jorhat, for providing the facilities for this work.

REFERENCES

- ADAMS R.P. (1995) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured Publ. Corp., Carol Stream, IL, USA.
- ANONYMOUS (1986) The Sadtler standard gas chromatography retention index library, Sadtler Research Laboratories, Bio-Rad Laboratories, Philadelphia, PA, USA.
- ANONYMOUS (1994) PC version of the NIST/EPA/NIH mass spectral database, version 4.5, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Gaithersburg, MD, USA.
- BENNET S.S.R. (1987) Name changes in flowering plants of India and adjacent regions. Triseas Publ., Dehra Dun, India.
- BHARALI N. (1982) Muga industry in Assam: Prospects and possibilities. In Proc. Seminar on Sericulture and Handloom Industries in Assam. Evaluation and Monitoring Division Planning and Development, Assam, India, pp. 31-33.
- CHAUDHURY S.N. (1981) Muga Silk Industry. Directorate of Sericulture and Weaving. Govt. of Assam, Gauhati, Assam, India, pp. 1-31.
- DAVIS N.W. (1990) Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20 M phases. *J. Chromatogr.*, 503, 1-24.
- HENNEBERG D., WEIMANN B., JOPPEK W. (1994) Mass spectrometry library search system MassLib, version 7.4 (for Ultrix). Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/ Ruhr, Germany (1994); Using MassLib the following databases were searched.
- (a) McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1988) The Wiley/NBS registry of mass spectral data, 4th ed., Wiley-Interscience, New York, NY, USA.
- (b) HENNEBERG D., WEIMANN B., JOPPEK W. (1994) MPI library of mass spectral data, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr, Germany.
- (c) TEN NOEVER DE BRAUW M.C., BOUWMAN W., TAS A.C., LA VOS G.F. (1988) Compilation of mass spectra of volatile compounds in food, TNO-HVV-CSIA, Zeist, The Netherlands.
- (d) LECLERCQ P.A., SNIJDERS H.M. (1996) EUT library of mass spectra, Eindhoven University of Technology, Eindhoven The Netherlands.
- HOOKER J.D. (1872) The Flora of British India. L. Reeve & Co., Covent Garden, London, England, 1, 38-45.
- KANJILAL U.N., KANJILAL P.C., DAS A. (1992) Flora of Assam. Periodical Expert Book Agency, Vivek Vihar, Delhi, India, 1, 12-28.
- LIBBEY L.M. (1991) A Paradox database for GC/MS data on components of essential oils and other volatiles. *J. Essent. Oil Res.*, 3, 193-194.
- MASADA Y. (1967) Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. Wiley, New York, NY, USA.
- McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1993) Mass spectrometry library search system BenchTop/PBM, version 3.0, Palisade Co., Newfield, NY, USA; Using BenchTop/PBM the following database was searched:
- McLAFFERTY F.W., STAUFFER D.B. (1991) The Wiley/NBS registry of mass spectral data. 5th ed., Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- RAMASWAMI S.K., BRISCESE P., GARGIULLO R.J., VON GELDERN T. (1986) Sesquiterpene hydrocarbons: from mass confusion to orderly line-up. In *Flavors and Fragrances: A World Perspective* (Proc. 10th Internat. Congress of Essential Oils, Fragrances, Flavors and Fragrances, Washington, DC, USA). B.M. Lawrence, B.D. Mookherjee, B.J. Willis (eds.), Elsevier Sci. Publ., Amsterdam, The Netherlands (1988), pp. 951-980.
- SANDRA P., BICCHI C. (1987) Capillary gas chromatography in essential oil analysis. Hüthig, Heidelberg, Germany.

L'HUILE ESSENTIELLE DE *MAGNOLIA PTEROCARPA* ROXB. DU NORD EST DE L'INDE

S.N. CHOUDHURY¹ & P.A. LECLERCQ²

1. Plant Sciences and Ecology Division, Regional Research Laboratory, Jorhat - 785006, Assam, Inde.

2. Laboratory of Instrumental Analysis, Department of Chemical Engineering, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, Pays-Bas.

Magnolia pterocarpa Roxb., au nom local de « chapa », est une plante secondaire du ver à soie « muga » (*Antheraea assama* Ww). L'odeur organoleptique et le toucher des feuilles de cette espèce de plante recueillie dans les zones de Jorhat et de Sibsagar dans l'Assam, en Inde, indiquent la présence d'huile essentielle dans ces feuilles, ce qui n'a pas été signalé précédemment. L'hydrodistillation des feuilles vertes fraîches donne une huile claire et parfumée avec un rendement de 0,41 % à 0,49 % (p/p). La composition de l'huile a été analysée par GC et GC/MS. Vingt et un constituants ont été identifiés, qui représentent 99,8 % de l'huile. Le principal composant de l'huile est le méthyl eugénol (76,3 %) et les autres composants importants sont le cinéol-1,8 (5,3%), l'ocimène (E)- β (4,3 %), le safrinol (2,4 %), le sabinène (2,2 %) et le caryophyllène- β (2,0 %).

INTRODUCTION

Magnolia pterocarpa Roxb., connu précédemment sous le nom de *Magnolia sphenocarpa* (Bennet, 1987), est un arbre vivace à feuilles persistantes de la famille des *Magnoliaceae*, que l'on trouve à l'état naturel dans les forêts tropicales de l'Himalaya, du Népal à l'Assam, les collines de Khasi et de Chittatong jusqu'à une altitude de 1000 m au dessus du niveau de la mer (Hooker, 1872; Kanjilal et coll., 1992). Au cours d'une étude floristique sur les plantes rares en voie d'extinction et inexploitées, adaptées à la culture, on a observé que cette espèce de plante était une bioressource importante. Une étude de la littérature indique que cette plante est un hôte secondaire des vers à soie muga (*Antheraea assama* Ww) qui produisent une soie blanche brillante. Le fil obtenu est fin et durable et la soie est de grande valeur. La soie muga est unique et spécifique aux états du nord-est de l'Inde et elle n'existe nulle part ailleurs dans le monde (Chaudhury, 1981 ; Bharali, 1982).

L'étude de la littérature n'a pas permis de découvrir de publications sur la composition de l'huile essentielle de cette espèce de plante. Cet article est donc la première publication sur les constituants de l'huile essentielle provenant des feuilles de *M. pterocarpa*.

MATERIELS ET METHODES

Plante :

Des feuilles vertes fraîches ont été ramassées sur des arbres sains dans les zones de Jorhat dans l'Assam. Un spécimen a été déposé dans l'herbier du *Regional Research Laboratory*, Jorhat, Assam.

Isolement des huiles essentielles :

Les huiles sont isolées par hydrodistillation des feuilles vertes (300 g) dans un appareil de type Clevenger pendant 3 heures, et donnent un rendement en huile claire de 0,41 % à 0,49 % (p/p).

Analyse qualitative et quantitative :

Les huiles sont analysées par GC et GC/MS capillaires.

GC - Un chromatographe à gaz Perkin Elmer AutoSystem XL équipé avec un détecteur FID et une colonne de silice condensée HP-1 (25 m × 0,20 mm, avec une épaisseur de film de 0,25 µm) a été employé. Les échantillons sont injectés en discontinu, en utilisant de l'hélium à pression contrôlée comme gaz porteur à une vitesse linéaire de 30 cm/s (à 60° C). Les températures de l'injecteur et du détecteur sont maintenues à 250° C. La température du four est programmée à 60° C (après 2 minutes) et à 250° C à 4°/min. et la température finale est maintenue pendant 20 minutes. Les surfaces de pic et les temps de rétention sont mesurés par intégration électronique. Les quantités relatives en composants individuels sont obtenues à partir des surfaces de pic relevées, sans la correction du facteur de réponse FID. Les indices de rétention linéaires des composants dont la température est programmée sont déterminés par rapport aux n-alcanes.

GC/MS : Les analyses sont réalisées avec un détecteur sélectif de masse Hewlett-Packard 5970A (MSD), directement relié à un chromatographe à gaz HP 5790A. Une colonne HP-1 de silice condensée de 25 m × 0,20 mm, avec une épaisseur de film de 0,33 µm est employée. La température du four dans la colonne est programmée de 60° C (après 3 minutes) à 300° C à 5°/min. Les températures de l'injecteur et de l'interface GC-MS sont maintenues respectivement à 280 et 300° C. Le gaz porteur, l'hélium, a une pression contrôlée pour donner une vitesse de gaz linéaire de 44 cm/s (à 60° C). Les spectres de masse de l'ionisation des électrons sont obtenus sur une échelle de masse de 10-400 Da à un rythme de 2 spectres/s.

Identification des composants :

Les constituants de l'huile sont identifiés en comparant leur spectre de masse 70 eV EI et leurs indices de rétention aux bibliothèques de référence (Adams, 1995 ; Anonyme, 1986, 1994 ; Davis, 1990 ; Henneberg et coll., 1994 ; Libbey, 1991 ; Masada, 1967 ; Mc Lafferty et Stauffer, 1993 ; Ramaswamy et coll., 1986 ; Sandra et Bicchi, 1987).

RESULTATS ET DISCUSSION

L'hydrodistillation des feuilles fraîches de *M. pterocarpa* produit des huiles transparentes, parfumées, aux rendements compris entre 0,41 % et 0,49 %. Les analyses GC et GC/MS détaillées montrent que ces huiles sont des mélanges complexes de plus de 25 composants. La composition chimique de l'huile typique de la feuille est présentée dans le Tableau I. Vingt-deux composants ont pu être identifiés, qui représentent 99,8 % de l'huile. L'huile se caractérise par un pourcentage élevé de méthyl eugénol (76,3 %), le composant principal. Le reste de l'huile est constitué de 11 hydrocarbures monoterpènes (9,4 %), trois monoterpènes oxygénés (7,2 %), trois hydrocarbures sesquiterpènes (3,1 %) et trois sesquiterpènes oxygénés (1,5 %). Aucun des composants individuels ne représente plus de 2,4 % sauf le (E)-βocimène (4,3 %) et le cinéole-1,8 (5,3 %).

Ces résultats montrent pour la première fois que les huiles de la feuille de *M. pterocarpa* trouvée à l'état naturel dans les zones du nord-est de l'Inde, se caractérisent par une teneur élevée en méthyl-eugénol. Il se peut que le méthyl-eugénol ait un effet prononcé sur l'odeur parfumée de l'huile de la feuille, puisque les composants éthers se caractérisent par une odeur agréable.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	713
General sericulture	
Mûrier	717
Mulberry	
<i>Bombyx mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	721
<i>Bombyx mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	725
Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	729
Silkworms: genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	733
Silkworms: physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	737
Silkworms: eggs, embryology	
Vers à soie : glandes séricigènes	739
Silkworms: silk glands	
Soie	741
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.

Sériciculture générale

General sericulture

Silk trade in Switzerland.

Commerce de la soie en Suisse.

ANONYME

1999 Indian Silk, Vol. 37(10), 29. (E)

Impact of advertisement on sericulture industries in present market scenario.

Impact de la publicité sur les industries séricicoles dans le marché actuel.

ANTARYAMI JENA

Orissa State Tasar and Silk Cooperative Society Ltd., Bhubaneswar - 751007, Orissa, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 29-30. (E)

Progress in silk research.

Progrès de la recherche sur la soie.

ASAKURA T., DEMURA M.

1998 Kobunshi, Vol. 47(6), 390-393. (E)

Sericulture development through extension teaching methods.

Développement de la sériciculture à travers la vulgarisation.

BIDARI D.

National Institute of Rural Development, Rajendranagar, Hyderabad, India.

1999 Indian Silk, Vol. 37(12), 25-29. (E)

An evaluation of the food value of two leaves (mango tree *Mangifera indica* L. and black mulberry *Morus nigra* L.) for rabbits.

Une évaluation de la valeur nutritive de deux feuilles (manguier *Mangifera indica* L. et mûrier noir *Morus nigra* L.) pour les lapins.

DEMETEROVA M.

1998 Folia Vet., Vol. 42(1), 47-51. (E)

Potentials of sericulture in north India vs transfer of technology.

Potentiels de la sériciculture du Nord de l'Inde et le transfert de technologie.

FOTADAR R.K. *et al.*

Research Extension Centre, Kathua, India.

1999 Indian Silk, Vol. 37(12), 19-20, 24. (E)

Factors responsible for making low efficient sericulturist - A case study of Orissa Sericulture Sector.

Facteurs responsables de la perte de sériciculteurs efficaces - Une étude du Secteur de Sérériculture d'Orissa.

MOHANTY A.K.

Sericulture Service, Orissa Sericulture Technologists Association, Plot No 8, Unit 6, Bhubaneswar, Orissa 751001, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 77-81. (E)

The paphia-mylitta controversy - A bird's eye view.

La polémique *paphia-mylitta*. Une vue générale.

NAYAK B.K.

Zonal Sericulture Office, Chandragiri, Gajapati, Orissa 761017, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 89-91. (E)

Glimpses of indian silk history.

Aperçu de l'histoire de la soie indienne.

NAYAK B.K., GURU B.C.

Zonal Sericulture Office, Chandragiri 761017, Gajapati, Orissa, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 21-22. (E)

Silkworm disease management and its limitations.

Gestion des maladies des vers à soie et leurs limitations.

PRASAD N.R.

Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Thalaghattapura, Kanakapura Road, Bangalore 560062, India.

1999 Indian Silk, Vol. 37(10), 7-9. (E)

Sericigenous floral wealth of North-eastern region.

Richesse de la flore séricigène dans la région du Nord-Est.

SAHAY A. *et al.*

RDO, Central Silk Board, Guwahati, Assam, India.

1999 Indian Silk, Vol. 37(11), 13-16. (E)

A study on overall performance of Sukinda compact block tasar rearing unit, Orissa.

Une étude sur les performances globales de l'unité d'élevage de tasar Sukinda en Orissa.

SINHA A.K.

Managing Director, Orissa State Tasar and Silk Cooperative Society Ltd., Bhubaneswar 751007, Orissa, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 82-83. (E)

Tribal welfare : a theme of tasar development in India.

Bien-être tribal : un thème du développement du tasar en Inde.

SUBUDHI P.K.

Department of Economics, N.M. College, Kantilo, Nayagarh 752078, Orissa, India.

1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 84-85. (E)

Marketing channel of cocoon in West Bengal.

Chaîne de commercialisation des cocons dans le Bengale de l'Ouest.

ROY T. N.

Research and Training Institute, Berhampore, W.B., India.

1999 Indian Silk, Vol. 37(10), 21-23. (E)

Construction of ecological sericulture base counties in the Loess plateau.

Construction de territoires de sériciculture dans le plateau de Loess.

WANG J., NIU H.

Fibre Inspection Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710004, China.

1999 Canye Kexue, Vol. 25(1), 53-56. (C,e)

Possible contributions of sericulture to the solution of the world's most vexing problems.

Contributions possibles de la sériciculture à la solution de problèmes mondiaux les plus frustrants.

YOSHIDA A.

Department of Management, The Sanno Institute, 6-39-15, Todoroki, Setagayaku, Tokyo, Japan.

1998 Advances in Ecological Sciences, Vol. 1: Ecosystems and sustainable development. (E)

Mûrier

Mulberry

Cloning of an EcoRI fragment of mulberry DNA in *Escherichia coli*.

Clonage d'un fragment EcoRI de l'ADN de mûrier chez *Escherichia coli*.

BERA T.K., ROY S.C.

1997 *Cell Chromosome Res.*, Vol. 20(1), 20-27. (E)

***In vitro* induction of tetraploidy in mulberry (*Morus alba*).**

Induction *in vitro* de tétraploïdie chez le mûrier (*Morus alba*).

CHAKRABORTI S.P. *et al.*

1998 *Plant Cell Rep.*, Vol. 17(10), 799-803. (E)

Effects of boron, potassium, sulfur, magnesium application on rapeseed and mulberry yield and quality.

Effets de l'application de bore, potassium, soufre et magnésium sur le rendement et la qualité des champs de mûriers.

CHEN F. *et al.*

1997 *Dev. Plant Sol Sci.*, Vol. 76, 7-9. (E)

Development of the SOD mimics from the natural product by a novel biosystem-antiinflammatory effect of *Morus alba*.

Développement des mimétiques de SOD à partir de produits naturels par un nouvel effet d'un biosystème anti-inflammatoire de *Morus Alba*.

CHEONG K.O. *et al.*

Pusan National University, Pusan, Japan.

1998 *Korean Journal of Pharmacognosy*, Vol. 29(1), 1-7. (J)

Two intracellular symbiotic bacteria from the mulberry psyllid *Anomoneura mori* (Insecta, Homoptera).

Deux bactéries symbiotiques intracellulaires de la psylle du mûrier *Anomoneura mori* (Insecta, Homoptera).

FUKATSU T., NIKOH N.

1998 *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol. 64(10), 3599-3606. (E)

Effect of mulberry tea on the fat distribution in the high sucrose feeding rats.

Effet du thé de mûrier sur la distribution des graisses chez des rats soumis à une alimentation riche en saccharose.

FUTAWATARI T. *et al.*

1998 *Yakuri to Chiryō*, Vol. 26(8), 1207-1210. (E)

Variability in rooting parameters at juvenile stage in mulberry (*Morus spp.*) germplasm.

Variabilité des paramètres d'enracinement chez les mûriers (*Morus spp.*) au stade juvénile.

GOEL A.K. *et al.*

Silkworm and Mulberry Germplasm Station, Hosur - 635 109, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 109-112. (E)

Leaf Roller - a serious pest of mulberry.

Leaf Roller - un sérieux nuisible du mûrier.

RAJADURAI S. *et al.*

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura, Mysore 570 08, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(12), 9-11. (E)

Whitefly. A new pest of mulberry.

Mouche blanche. Un nouveau nuisible pour les mûriers.

SATHE T.V. *et al.*

Shivaji University, Kolhapur, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(11), 10. (E)

Incidence and intensity of species/races of root knot nematode associated with mulberry under different farming systems and soil types in Mysore region, Karnataka state, India.

Incidence et intensité des espèces/races de nématode des racines associées aux mûriers sous différents systèmes de culture et types de sols dans la région de Mysore, Etat de Karnataka, Inde.

SHARMA D.D., SARKAR A.

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

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 137-141. (E)

A report on breeding of Suhu 16 mulberry variety with good quality and high yield of leaves.

Reproduction de la variété de mûrier Suhu 16 avec une bonne qualité et un haut rendement de feuilles.

SHI B. *et al.*

The Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 206-209. (C,e)

Incidence of Bihar hairy caterpillar (*Spilarctia obliqua walker*) in mulberry gardens.

Incidence de la chenille velue du Bihar (*Spilarctia obliqua walker*) dans les champs de mûriers.

SHREE M.P., MANJUNATHA S.

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore - 560 056, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 174-175. (E)

Gene transfer by electroporation into protoplasts isolated from mulberry calli.

Transfert de gène par électroporation chez les protoplastes isolés de cals de mûriers.

SUGIMURA Y., MIYAZAKI J., YONEBAYASHI K., KOTANI E., FURUSAWA T.

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 49-53. (J,e)

Evaluation of mulberry (*Morus spp.*) genotypes for propagation parameters.

Evaluation des génotypes de mûrier (*Morus spp.*) pour des paramètres de propagation.

SUJATHAMMA P., DANDIN S.B.

Department of Sericulture, Sri Padmavathi Mahila Visvavidyam, Tirupati - 517 502, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 113-136. (E)

Propagation efficiency of some exotic mulberry germplasm accessions (*Morus sp.*).Propagation efficace de quelques germoplasmes de mûriers exotiques (*Morus sp.*).

TIKADAR A., ROY B.N.

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

*1998 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 69-76. (E)***Relationship between the physicochemical properties of soil and phosphorus bacteria content in mulberry field.**

Relation entre les propriétés physicochimiques du sol et la teneur en phosphore des bactéries dans les champs de mûriers.

XIA H. *et al.**1999 Canye Kexue, Vol. 25(1), 57-59. (C)***Differentiation of adventitious buds on immature leaves isolated from shoot tops of mulberry.**

Différenciation des bourgeons adventifs sur les feuilles immatures isolées des cimes des pousses des mûriers.

YAMANOUCHI H., KOYAMA A., KATAGIRI K., MACHI H.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Japan.

*1999 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 68(1), 77-80. (J,e)***Severe infection of seedlings in a nursery bed caused by mulberry anthracnose fungus, *Colletotrichum dematium*.**Infection sévère des semis causée par le champignon de l'anthracnose du mûrier, *Colletotrichum dematium*.

YOSHIDA S., SHIRATA A.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-2 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan.

*1998 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 67(5), 373-379. (E,j)***Field performance and biochemical evaluation of micropropagated mulberry plants.**Performance sur le terrain et évaluation biochimique des plants de mûriers multipliés *in vitro*.ZAMAN A. *et al.*

Rajshahi University, Bangladesh Sericulture Research and Training Inst., Bangladesh.

*1997 Plant Cell, Tissue and Organ Culture, Vol. 51(1), 61-64. (E)***Studies on induced variation of adventitious buds of mulberry leaves in tissue culture.**

Etudes sur les variations induites sur les bourgeons adventifs des feuilles de mûrier en culture de tissus.

ZHENG S. *et al.*

Shandong Sericultural Research Institute, Yantai 264002, China.

*1998 Canye Kexue, Vol. 24(4), 202-205. (C,e)***Loss estimation on pest and disease outbreak in mulberry.**

Estimation des pertes dues aux insectes et aux maladies chez les mûriers.

ZHOU J.

Zhejiang Provincial Department of Agriculture, Hangzhou 310004, China.

*1998 Canye Kexue, Vol. 24(4), 197-201. (C,e)***Studies on quality standard of mulberry seedling.**

Etudes sur la qualité standard des plants de mûrier.

ZHOU Q.

Zhejiang Provincial Department of Agriculture, Hangzhou 310004, China.

1999 Canye Kexue, Vol. 25(1), 1-4. (C,e)

***Bombyx mori* : élevage, nutrition, pathologie**

***Bombyx mori*: rearing, feeding, pathology**

Sex separation at cocoon stage in *Bombyx mori* L.

Sexage au stade du cocon chez *Bombyx mori* L.

BIRAM SAHEB N.M. *et al.*

SSTL, Bangalore 560068, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(11), 5-9. (E)

The successive test of the environmental-mutagen-mutated *Bombyx mori* nuclear Polyhedrosis virus and the restriction analysis of its genome.

Tests du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori* muté par mutagènes et analyse de restriction de son génome.

CAO Y. *et al.*

Department of Sericulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

1999 *Canye Kexue*, Vol. 25(1), 31-35. (C,e)

Application of phytoecdysteroids in sericulture.

Application de phytoecdystéroïdes en sériculture.

CHANDRAKALA M.V. *et al.*

1998 *Curr. Sci.*, Vol. 74(4), 341-346. (E)

The study of corn powder as shaping agent of artificial diet for young silkworm.

L'étude de la farine de blé comme agent de façonnage de l'aliment artificiel pour les jeunes vers à soie.

CUI W. *et al.*

Shandong Agricultural University, Taian 271018, China.

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 210-214. (C,e)

Silkworm sex separation at cocoon stage: a novel method finds its way.

Sexage des vers à soie au stade du cocon : une nouvelle méthode trouve sa voie.

DAYADAR YADAV B.R.

Central Silk Board, CSB Complex, BTM Layout, Madivala, Hosur Road, Bangalore 560 068, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(12), 5-8. (E)

Antinosematose action of immature RNA.

Action antinosematose de l'ARN immature.

GARAFULDINOVA E.A. *et al.*

1997 *Dokl. Akad. Nauk Resp. Uzb.*, Vol. 8, 35-37. (E)

Application of sequence of proper terminology in the life cycle of the silk moth.

Application d'une suite de termes propres pour le cycle de la vie du ver à soie.

GURU B.G. *et al.*

P. G. Department of Zoology, Utkal University, Vani Vihar, Bhubaneswar - 751004, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 26-28. (E)*

Breeding of silkworm varieties 415, 416 for summer and autumn and combination of their F1 hybrid.

Variétés de vers à soie 415, 416 pour l'été et l'automne et combinaison de leur hybride F1.

HE S. *et al.*

The Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.

1998 *Canye Kexue, Vol. 24(4), 215-220. (C,e)*

Safe period of cold storage of multi x bivoltine silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) eggs for tropics.

Période sûre de stockage au froid des oeufs de vers à soie *Bombyx mori* (Lepidoptera : Bombycidae) multi x bivoltin pour les tropiques.

HURKADLI H.K. *et al.*

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

1998 *Indian J. Seric., Vol. 37(2), 123-126. (E)*

Isolation and characterization of *Aspergillus nomius* from japanese soil and silkworm excrement.

Isolément et caractérisation d'*Aspergillus nomius* du sol japonais et des excréments de ver à soie.

ITO Y. *et al.*

1998 *Maikotokishin, Vol. 46, 9-15. (E)*

Artificial diet rearing of silkworm in China.

Elevage sur aliment artificiel en Chine.

Miao Youngen

Departement of Sericulture, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, P.R. China.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 48-49. (E)*

Numeral description of the cocoon shape by principal component analysis using the Fourier coefficients.

Description numérique de la forme du cocon par analyse en composant principal utilisant les coefficients de Fourier.

NISHIOKA T., SATOH H., KURASAWA Y.

Faculty of Textile and Technology, Shinshu University, Tokida 3-15-1, Ueda, 386-8567, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 67(6), 479-484. (J,e)*

Sanjeevini: an effective bed disinfectant.

Sanjeevini : un désinfectant efficace pour litière.

PATIL C.S., SHARADAMMA P.

Karnataka State Sericulture Research and Training Institute, Thalaghattapura, Kanakapura Road, Bangalore 560 062, India.

1999 *Indian Silk, Vol. 37(12), 13-14. (E)*

Studies on group moth inspection method for production of pebrine free layings in commercial seed production centres.

Etudes sur les méthodes d'inspection par groupes de papillons pour la production de pontes non infectées par la pébrine dans les centres de production.

REKHA L., NATARAJU B., SIVAPRASAD V.

Department of Sericulture, Govt. of Karnataka, Bangalore - 560 001, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 148-153. (E)

A new microsporidian infecting *Bombyx mori* L.

Un nouveau microsporidien infectant *Bombyx mori* L.

SAMSON M.V. *et al.*

APSSRDI, Hindupur, A.P., India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(10), 10-12. (E)

Studies on the regeneration and reversion of protoplasts from *Beauveria bassiana*, a pathogenic fungus to *Bombyx mori* L.

Etudes sur la régénération et la réversion de protoplastes de *Beauveria bassiana*, un champignon pathogène de *Bombyx mori* L.

SHI L., KE L., FEI J.

Department of Sericultural Science, Zhejiang Agriculture University, Hangzhou 310029, China.

1999 *Canye Kexue*, Vol. 25(1), 36-40. (C,e)

Behavioural aspects of oviposition in the silkworm, *Bombyx mori* - A review.

Aspects comportementaux de l'oviposition chez le ver à soie *Bombyx mori*. Une revue.

SINGH T.

Central Silk Board, Madiwala, Bangalore - 560 068, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 101-108. (E)

Low cost bamboo tray device for incubation.

Faible coût des claies en bambou pour l'incubation.

SRINIVASA BABU G.K. *et al.*

RSRS, CSB, Chamarajanagar, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(12), 15-18. (E)

Studies on stifling and drying of cocoons for longer storages.

Etudes sur l'étouffage et le séchage des cocons pour une longue conservation.

THANGAVEL K., PALANISWAMY P.T., KAILAPPAN R.

1998 *Drying technology*, Vol. 16(1/2), 369-375. (E)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology

A package for quality tasar reeling.

Un ensemble pour la qualité du dévidage de tasar.

BHAT D., SOMAYAJI B.S.

CSTRI, Bangalore, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(12), 21-24. (E)

Cleaning pebrinised muga stock.

Elimination de la pébrine des stocks de muga.

BHATTACHARYA A., SAIKIA S.K., TEOTIA R.S.

Regional Muga Research Station, Boko, Assam, India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(10), 17-20. (E)

Microflora of the aerial parts of higher plants. II- leaf surface bacteria of oak (*Quercus serrata* Thunb.) and their infectivity to *Antheraea proylei* Jolly.

Microflore de la partie aérienne des plants. II- Bactéries de la surface des feuilles du Chêne (*Quercus serrata* Thunb.) et leur pouvoir infectieux pour *Antheraea proylei* Jolly.

CHANDRA H. et al.

Microbiology and Plant Pathology Laboratory, Department of Life Sciences, Manipur University, Canchipur - 795003, Imphal, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri.*, Vol. 2(2), 54-63. (E)

Storage of cocoons and silk.

Stockage des cocons et de la soie.

CHANDRA H. et al.

Regional Tasar Research Station, CSB, Bhimtal, U.P., India.

1999 *Indian Silk*, Vol. 37(10), 24-27. (E)

Biology and ecology of temperate tasar silkmoths, *Antheraea proylei* Jolly and *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville (*Saturniidae*) - A review.

Biologie et écologie des papillons tasar tempérés, *Antheraea proylei* Jolly et *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville (*Saturniidae*). Une revue.

CHAOBA SINGH K., IBOHAL SINGH N.

Regional Tasar Research Station, Mantripukhri, Imphal - 795 002, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 89-100. (E)

Effect of cold treatment on biocommercial behaviour of eggs of indian tasar silk moth *Antheraea mylitta* Drury (*Saturniidae*).

Effet d'un traitement au froid sur le comportement des oeufs de papillons tasar *Antheraea mylitta* Drury (*Saturniidae*).

DASH A.K. *et al.*

Department of Zoology, Dr. J.N. College, Salt Road, Rasalpur, Balasore - 756021, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 64-68. (E)*

Studies on mortality of larvae of Indian wild tasar insect *Antheraea paphia* Linn. (*Lepidoptera: Saturniidae*) due to pebrine (*Nosema* sp.) infection.

Etudes de la mortalité des larves de tasars sauvages indiens *Antheraea paphia* Linn. (*Lepidoptera: Saturniidae*) due à l'infection par la Pébrine (*Nosema* sp.).

DASH A.K., NAYAK B.K.

Dept of Zoology, J. N. College, Balasore - 756021, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 61-64. (E)*

Assembling in female saturnid silk moths.

Assemblage chez des papillons femelles saturnides.

JAYAPRAKASHRAO MANE, PATIL G.M.

Department of Sericulture, UAS, Dharwad, India.

1999 *Indian Silk, Vol. 37(10), 13-14. (E)*

The *Empoeryptus* group: relationship and a new genus associated with a lepidopteran cocoon.

Le groupe des *Empoeryptus* : un nouveau genre associé avec un cocon de lépidoptère.

LESCHEN R.A.B.

1997 *The Coleopterists' bulletin, Vol. 51(4), 303-318. (E)*

Oak tasar crop regulation in China and its relevance to India.

Régulation de l'élevage du Tasar du Chêne en Chine et son opportunité en Inde.

MATHUR S.K. *et al.*

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi, Bihar, India.

1999 *Indian Silk, Vol. 37(11), 20-23. (E)*

The body size-altitude correlation in *Lepidoptera*: new findings from tropical *Antheraea* silk moths (*Saturniidae*).

Corrélation entre l'altitude et la taille chez les Lépidoptères : nouvelles découvertes pour les papillons tropicaux *Antheraea* (*Saturniidae*).

MILLER W.E., NAYAK B.K.

Department of Entomology, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota - 55108, USA.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 16-20. (E)*

Tasar culture : spiders for biocontrol.

Elevage de Tasar : araignées pour biocontrôle.

MOHANTY P.K.

Directorate of Textiles, Bhubaneswar, India.

1999 *Indian Silk, Vol. 37(10), 15-16. (E)*

Distribution of nematodes associated with *Quercus dealbata* in Ukhrul and Chandel districts of Manipur.

Répartition des nématodes associés avec *Quercus dealbata* dans les districts d'Ukhrul et de Chandel au Manipur.

MOHILAL N., DHANACHAND C.

Parasitology Laboratory, Life Sciences Department, Manipur University, canchipur - 795 003, India.

1998 *Indian J. Seric., Vol. 37(2), 178-179. (E)*

Studies on growth and yield of Asan (*Terminalia alata*) and Arjun (*Terminalia arjuna*) plants, the primary food plants of the tasar silk moth *A. paphia* Linn. and *A. mylitta* Drury.

Etudes sur la croissance et le rendement des plants de Asan (*Terminalia alata*) et Arjun (*Terminalia arjuna*), la nourriture principale des vers à soie tasar *A. paphia* Linn. et *A. mylitta* Drury.

NAYAK B.K. *et al.*

Zonal Sericulture Office Govt. of Orissa, Chandragiri - 761017, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 44-48. (E)*

Studies on cocoon biometry of bivoltine Daba ecorace of the tasar silkmoth *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) reared at Khuntgaon area of Sundargarh district, Orissa, India.

Etudes sur la biométrie des cocons de l'écorace Daba du ver à soie tasar *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) élevé à Khuntgaon dans le district de Sundargarh, Orissa, Inde.

NAYAK B.K. *et al.*

Indian Academy of Sericulture, VII-M-94 Shailashree Vihar, Chandrasekharapur, Bhubaneswar - 751016, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 50-53. (E)*

Studies on cocoon biometry of the bivoltine tasar silkmoth *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) reared at Bangiriposi.

Etudes de la biométrie des cocons du papillon bivoltin tasar *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) élevé à Bangiriposi.

NAYAK B.K., GURU B.C.

Indian Academy of Sericulture VII-M-94, Shailashree Vihar, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 31-34. (E)*

Role of Daba and Sukinda; the high yielding races of the semidomesticated tasar moth *Antheraea mylitta* Drury in damaging the biodiversity of the Indian tropical wild tasar silk moth *Antheraea paphia* Linn.

Rôle de Daba et Sukinda; le rendement important des races semi-domestiques de papillon tasar *Antheraea mylitta* Drury préjudiciable à la biodiversité des vers à soie sauvages tropicaux indiens tasar *Antheraea paphia* Linn.

NAYAK B.K., PATRO B., DASH M.C.

Zonal Sericulture Office, Chandragiri - 761017, Gajapati, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 20-25. (E)*

Selection of seed cocoons in indian tropical tasar silkmoths *Antheraea paphia* L. and *Antheraea mylitta* D. (*Lepidoptera: Saturniidae*).

Sélection des cocons des papillons tropicaux tasar indiens *Antheraea paphia* L. et *Antheraea mylitta* D (*Lepidoptera: Saturniidae*).

PATRO K.B.G. *et al.*

Eri Seed Station, Pottangi 764039, Koraput, Orissa, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 43-47. (E)*

A natural hybrid of *Litsaea Salicifolia* and *Litsaea Polyantha*.

Un hybride naturel de *Litsaea Salicifolia* et *Litsaea Polyantha*.

RAM R., SAMSON M.V.

Research Extension Centre, Palampur, Himachal Pradesh, India.

1999 *Indian Silk, Vol. 37(11), 24-26. (E)*

Studies on general variability in ecorace Bhandara of tasar silk moth (*Antheraea mylitta* D.).

Etudes sur la variabilité générale de l'écorage Bhandara du ver à soie tasar (*Antheraea mylitta* D.).
YADAV G.S. *et al.*

Regional Tasar Research Station, Bhandara, 441904, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(1), 14-19. (E)*

Studies on association between cocoon weight and shell weight of muga silkworm (*Antheraea assama* Westwood) during different broods.

Etudes de l'association entre le poids du cocon et le poids de la coque du ver à soie muga (*Antheraea assama* Westwood) pendant plusieurs générations.

YADAV G.S., GOSWAMI B.C., SINHA S.S.

Central Tasar Research and Training Institute, Piska Nagari, Ranchi - 835-303, Bihar, India.

1998 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 2(2), 1-7. (E)*

Vers à soie : génétique

Silkworms: genetics

Transcriptional regulation of the *Bombyx mori* A3 cytoplasmic actin promoter in insect and mammalian cells.

Régulation transcriptionnelle du promoteur d'actine cytoplasmique A3 de *Bombyx mori* dans l'insecte et les cellules de mammifères.

FATYOL K.

PhD, Loma Linda Univ., Loma Linda California, USA.

1998 *PhD, Loma Linda Univ., Loma Linda California. (E)*

Induction of gene expression of antibacterial proteins by chitin oligomers in the silkworm, *Bombyx mori*.

Induction de l'expression des gènes des protéines antibactériennes par les oligomères de chitine chez le ver à soie, *Bombyx mori*.

FURUKAWA S., TANAI K., YANG J., SHONO T., YAMAKAWA M.

Laboratory of Applied Zoology, Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

1999 *Insect Molecular Biology, Vol. 8(1), 145-148. (E)*

Nucleotide sequence of *Bombyx mori* cytoplasmic polyhedrosis virus segment 8.

Séquence nucléotidique du segment 8 du virus de polyédrose cytoplasmique de *Bombyx mori*.

HAGIWARA K. *et al.*

1998 *Biochem. Biophys. Res. Commun., Vol. 247, 549-553. (E)*

Determination of the nucleotide sequence of *Bombyx mori* cytoplasmic polyhedrosis virus segment 9 and its expression in BmN4 cells.

Détermination de la séquence nucléotidique du segment 9 du virus de la polyédrose cytoplasmique de *Bombyx mori* et son expression dans les cellules BmN4.

HAGIWARA K. *et al.*

1998 *J. Virol., Vol. 72, 5762-5768. (E)*

Characteristics of the recombinant between E-pseudoalleles, Ecw and Ekp, in the silkworm, *Bombyx mori*.

Caractéristiques des recombinants entre pseudoalleles E, Ecw et Ekp, chez le ver à soie, *Bombyx mori*.

HIROKAWA M.

Fukushima Sericultural Experiment Station, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 68(1), 41-47. (J,e)*

Molecular cloning of a GPI-anchored aminopeptidase N from *Bombyx mori* midgut: a putative receptor for a *Bacillus thuringiensis* CryIA toxin.

Clonage moléculaire d'une aminopeptidase N fixée à GPI de l'intestin moyen de *Bombyx mori* : un récepteur putatif d'une toxine CryIA de *Bacillus thuringiensis*.

HUA G. *et al.*

1998 *Gene*, Vol. 214, 177-185. (E)

Structure and expression of tandemly duplicated xanthine dehydrogenase genes of the silkworm (*Bombyx mori*).

Structure et expression des gènes de xanthine-déshydrogénase du ver à soie (*Bombyx mori*) dupliqués en tandem.

KOMOTO N., YUKUHIRO K., TAMURA T.

Department of Insect Genetics and Breeding, National Institute of Sericultural and Entomological Science, Ibaraki, Japan.

1999 *Insect Molecular Biology*, Vol. 8(1), 73-83. (E)

Cloning and sequence of a cDNA for a highly basic protease from the digestive juice of the silkworm, *Bombyx mori*.

Clonage et séquence d'un ADNc pour une protéase hautement basique des sucs digestifs du ver à soie, *Bombyx mori*.

KOTANI E. *et al.*

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku Kyoto 606, Japan.

1999 *Insect Molecular Biology*, Vol. 8(2), 299-304. (E)

Gene targeting in the silkworm by use of a baculovirus.

Ciblage de gène chez le ver à soie en utilisant un baculovirus.

MORI H. *et al.*

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku 606 8585, Japan.

1999 *Genes and Development*, Vol. 13, 511-516. (E)

Isolation and characterization of a temperature-sensitive mutant of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus for a putative RNA polymerase gene.

Isolement et caractérisation d'un virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori* sensible à la température mutant pour un gène supposé de RNA polymérase.

SHIKATA M. *et al.*

Department of Applied Biology, Faculty of Textile Science, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Kyoto 606, Japan

1998 *Journal of General Virology*, Vol. 79(8), 2071-2078. (E)

Studies on ehromosome of translocative Zebra (ZW.ze) strain in the *Bombyx mori*.

Etudes sur le ehromosome de la lignée transloquée Zébrée (ZW.ze) chez *Bombyx mori*.

SONG F. *et al.*

College of Sericulture and Silk, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China.

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 221-225. (C,e)

Determination of nucleotide sequence and transcription initiation site of 25K gene of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus.

Détermination de la séquence de nucléotides et du site d'initiation de la transcription du gène 25K du virus de la polyédrose nucléaire de *Bombyx mori*.

TSUDA H., NAKAGAKI M., HASHIMOTO T., KAJIURA Z., TAKEI R.

Laboratory of Silkworm Genetics and Pathology, Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 27-39. (J,e)

Multiplication of NPV and expression of polyhedrin gene in the midgut epithelium of silkworm, *Bombyx mori*.

Multiplication de NPV et expression du gène de polyhédrine dans l'épithélium de l'intestin moyen du ver à soie, *Bombyx mori*.

TSUDA H., NAKAGAKI M., HASHIMOTO T., KAJIURA Z., TAKEI R., IWASHITA Y.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Tokida 3-15-1, Ueda, 386-8567, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 19-25. (J,e)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms: physiology, biochemistry

Effect of hormone and hormone analogs on the non-mulberry silkworm, *Philosamia ricini* Boisduval.

Effet des hormones et des analogues d'hormones sur le ver à soie non mûrier, *Philosamia ricini* Boisduval.

BARUAH R. *et al.*

1998 *Geobios*, Vol. 25(2/3), 109-112. (E)

Effect of dichloroovas on total protein content in haemolymph and fat body of the silkworm, *Bombyx mori* (L.).

Effet de dichloroovas sur le contenu en protéines de l'hémolymph et du corps adipeux du ver à soie, *Bombyx mori* (L.).

BASHAMOHIDEEN Md., AMEEN G.Md.

Department of Zoology, S. K. University, Anantapur - 515 003, India.

1998 *Indian J. seric.*, Vol. 37(2), 113-115. (E)

Detoxication of deltamethrin by the hemocytes of *Philosamia ricini* Boisd (*Lepidoptera: Saturniidae*).

Détoxication de la deltaméthrine par les hémocytes de *Philosamia ricini* Boisd (*Lepidoptera: Saturniidae*).

BEGUM R., GOHAIN R., HAZARIKA L.K.

Department of Life Science, Dibrugarh University, Assam - 786 004, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 142-147. (E)

Octopamine titer in the circulating fluid of tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) and its response to injected estrogen during critical phase of diapause termination.

Taux d'octopamine dans le fluide circulant du ver à soie tropical tasar, *Antheraea mylitta* Drury (*Lepidoptera: Saturniidae*) et sa réponse à l'injection d'oestrogène pendant la phase critique de la fin de la diapause.

CHAUDHURI A. *et al.*

1998 *Curr. Sci.*, Vol. 74(8), 695-699. (E)

A method for detecting cell proliferation promoting factor in insects: assay system using mitosis and DNA synthesis in the wing discs cells of *Bombyx mori*.

Une méthode pour détecter le facteur favorisant la prolifération de cellules chez les insectes : système expérimental utilisant les mitoses et la synthèse d'ADN dans les cellules du disque alaire de *Bombyx mori*.

CHEN S-Y, KANKE E., KAWASAKI H.

Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, 350 Mine, utsunomiya, Tochigi 321-0943, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(6), 467-472. (E,j)

Disturbance of adult eclosion by fenoxycarb in the silkworm, *Bombyx mori*.

Perturbation de l'éclosion par le fenoxycarbe chez le ver à soie, *Bombyx mori*.

DEDOS S. *et al.*

1999 *J. Insect. Physiol.*, Vol. 45, 257-264. (E)

A new cerebral factor stimulates IP3 levels in the prothoracic glands of *Bombyx mori*.

Un nouveau facteur cérébral stimulant les niveaux d'IP3 dans les glandes prothoraciques de *Bombyx mori*.

DEDOS S.G., FUGO H., KATAOKA H.

1998 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 28, 767-774. (E)

Atomic force microscopy on the olfactory dendrites of the silkmoths *Antheraea polyphemus* and *A. pernyi*.

Microscopie atomique sur les dendrites olfactifs des vers à soie *Antheraea polyphemus* et *A. pernyi*.

ESCHRICH R. *et al.*

1998 *Cell Tissue Res.*, Vol. 294(1), 179-185. (E)

The functional residues and their representation by a hypothetical 3D model of silkworm eclosion hormone.

Les résidus fonctionnels et leur représentation par un hypothétique modèle en 3D de l'hormone d'éclosion du ver à soie.

FUJITA N. *et al.*

1998 *Protein Eng.*, Vol. 11(9), 769-773. (E)

Developmental changes and hormonal regulation of mRNA of *Bombyx mori* larval serum protein (BmLSP).

Changements au cours du développement et régulation hormonale de l'ARNm de la protéine sérique de la larve de *Bombyx mori* (BmLSP).

FUJIWARA Y., YAMASHITA O.

Laboratory of Sericulture and Entomoresources, Nagoya University, Chikusa, Nagoya 464-0814, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(5), 393-401. (E,j)

K⁺- neutral amino acid symport of *Bombyx mori* larval midgut: a system operative in extreme conditions.

Transport d'acides aminés neutres et de K⁺ de l'intestin moyen de la larve de *Bombyx mori* : un système opérationnel dans les conditions extrêmes.

GIORDANA B. *et al.*

1998 *Am. J. Physiol.*, Vol. 274(5, pt2), 1361-1371. (E)

Expression in *Xenopus laevis* oocytes of the K⁺/neutral amino acids transporter of the silkworm larva midgut.

Expression du transporteur des acides aminés neutres / K⁺ de l'intestin moyen du ver à soie dans les ovocytes de *Xenopus laevis*.

GIOVANNA M. *et al.*

1995 *Biol. Med.*, Vol. 129(1), 49-58. (E)

Role of calcium in the stimulation of ecdysteroidogens by recombinant prothoracicotropic hormone in the prothoracic glands of the silkworm, *Bombyx mori*.

Rôle du calcium dans la stimulation des ecdystéroïdogènes par l'hormone prothoracicotrope recombinante dans les glandes prothoraciques du ver à soie, *Bombyx mori*.

GU S. *et al.*

1998 *Insect Biochem. Mol. Bio.*, Vol. 28, 861-867. (E)

Minimum structure of diapause hormone required for biological activity.

Structure minimum de l'hormone de diapause nécessaire pour l'activité biologique.

IMAI K. *et al.*

1998 *Biosci., Biotechnol., Biochem.*, Vol. 62, 1875-1879. (E)

Isolation and characterization of calmodulin in the pheromone gland of the silkworm, *Bombyx mori*.

Isolement et caractérisation de calmoduline dans la glande à phéromone du ver à soie, *Bombyx mori*.

IWANAGA M. *et al.*

1998 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 120B, 761-767. (E)

Purification, developmental profile and biosynthesis of arylphorin in the wild silkworm *Antheraea pernyi*.

Purification, profil de développement et biosynthèse d'arylphorine chez le ver à soie sauvage *Antheraea pernyi*.

KAJIURA Z. *et al.*

1998 *Appl. Entomol. Zool.*, Vol. 33(2), 305-313. (E)

Effects of a juvenile hormone analog, fenoxycarb, on 5th stadium larva of the silkworm, *Bombyx mori*. (Lepidoptera: Bombycidae).

Effets d'un analogue d'hormone juvénile, le fénoxycarbe, sur le 5^{ème} stade larvaire du ver à soie, *Bombyx mori*. (Lepidoptera : Bombycidae).

KAMIMURA M., KIUCHI M.

1998 *Appl. Entomol. Zool.*, Vol. 33(2), 333-338. (E)

Behavior of mitochondria during cupyrene and apyrene spermatogenesis in the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera), investigated by fluorescence in situ hybridization and electron microscopy.

Comportement de mitochondries pendant la spermatogenèse eupyrene et apyrene chez le ver à soie, *Bombyx mori* (Lepidoptera), étudié par hybridation fluorescente in situ et microscopie électronique.

KAWAMURA N. *et al.*

1998 *Protoplasma*, Vol. 202(3/4), 223-231. (E)

Transition from larva to pupa: morphogenesis, cell proliferation and protein synthesis in *Bombyx mori* wing disk.

Transition de la larve à la chrysalide : morphogenèse, prolifération cellulaire et synthèse de protéines dans le disque alaire de *Bombyx mori*.

KAWASAKI H.

1998 *Invertebr. Reprod. Dev.*, Vol. 34(1), 101-108. (E)

Synthesis and precocious-metamorphosis-inducing activity of 3-pyridyl ethers.

Synthèse et activité des éthers pyridyl-3 dans l'induction de la métamorphose précoce.

KUWANO E. *et al.*

Department of Agricultural Chemistry, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1998 *Pesticides Science*, Vol. 52(3), 251-257. (E)

The establishment of cell lines from spermary of *Philosamia cynthia*.

Etablissement de lignées cellulaires de la glande séminale de *Philosamia cynthia*.

LIU S.

Dalian Bio-technology Institute, LiaoNing Academy Agricultural Sciences, Dalian 116025, China.

1999 *Canye Kexue*, Vol. 25(1), 41-45. (C,e)

Activity of 3-phosphoglycerate dehydrogenase in certain races of the silkworm, *Bombyx mori* L.

Activité de la 3 phosphoglycérate-déshydrogénase chez certaines races de vers à soie, *Bombyx mori* L.

MARIBASHETTY V.G., SREERAMA REDDY G.

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

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 180-182. (E)

A stochastic model for the fixing and moving patterns of *Bombyx mori* in the cocoon construction process.

Un modèle stochastique pour la fixation et les mouvements de *Bombyx mori* dans le processus de construction du cocon.

MIURA M. *et al.*

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 55-63. (J,e)

Manifestations related to the developmental determination and reproductive capacity of silkworm *Bombyx mori* L. induced by an anti-juvenile hormone agent, KK-42.

Manifestations relatives à la détermination du développement et à la capacité de reproduction des vers à soie *Bombyx mori* L. induites par un agent anti-hormone juvénile, KK-42.

SASHINDRAN K.

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

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 127-132. (E)

Identification of a novel member of the paralytic peptide family in the silkworm *Antheraea yamamai*.

Identification d'un nouveau membre de la famille des peptides paralytiques chez le papillon *Antheraea yamamai*.

SEINO A. *et al.*

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

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(6), 473-478. (E,j)

Difference of sex pheromone content among strains in female moth of the silkworm, *Bombyx mori*.

Différence de teneur en phéromone sexuelle parmi les lignées des papillons femelles du ver à soie *Bombyx mori*.

SHIROTA T. *et al.*

Institute of Silkworm Genetics and Breeding, 1053 Iikura, Amimachi, Ibaraki 300-0324, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(5), 389-392. (J,e)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms: eggs, embryology

Laser-Raman and FT-IR spectroscopic studies of peptide-analogs of silkmoth chorion protein segments.

Etudes spectroscopiques Laser-Raman et FT-IR de peptide analogues aux segments de protéines du chorion du ver à soie.

BENAKI D.C. *et al.*

1998 *Int. J. Biol. Macromol.*, Vol. 23(1), 49-59. (E)

Prolongation of embryonic diapause by repeated injection of synthetic diapause hormone into pupae of non-diapause egg producer of the silkworm, *Bombyx mori*.

Prolongation de la diapause embryonnaire par des injections répétées d'hormone de diapause synthétique dans les chrysalides de producteur d'oeufs non-diapausant du ver à soie, *Bombyx mori*.

FURUSAWA T., UEDA N., NAKAMURA N., SAKANO D., KOTANI E., SUGIMURA Y.

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 9-18. (J,e)

Research on artificial androgenesis in the oak silkworm (*Antheraea pernyi*).

Recherche sur l'androgénèse artificielle chez le ver à soie du chêne (*Antheraea pernyi*).

LÜ J. *et al.*

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 246-247. (C)

Hatching pattern of silkworm, *Bombyx mori* L., as influenced by light intensity.

Séquence d'éclosion de vers à soie, *Bombyx mori* L., influencée par l'intensité lumineuse.

SIVARAMI REDDY N., SHANKAR NAIK S., MURALI MOHAN P.

Regional Sericultural Research Station, P. B. No. 50, Anantapur - 515 001, India.

1998 *Indian J. Seric.*, Vol. 37(2), 116-122. (E)

Study on abnormal quantity of ovariole in the *Bombyx mori*.

Etude sur la quantité anormale d'ovarioles chez *Bombyx mori*.

XU M. *et al.*

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 244-245. (C)

Main physical and chemical characteristics of yolk protein in the japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*.

Principales caractéristiques physiques et chimiques des protéines du vitellus chez le ver à soie japonais du chêne, *Antheraea yamamai*.

YE G. *et al.*

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 248-249. (C)

Vers à soie : glandes séricigènes

Silkworms: silk glands

The mechanical properties of spider silk are determined by the genetic regulation of fibroin proteins and chemical and physical processing during spinning.

Les propriétés mécaniques de la soie d'araignée sont déterminées par la régulation génétique des protéines de fibroïne et par le processus chimique et physique pendant le filage.

GUERETTE P.A.

Univ. of British Columbia, Vancouver, Canada.

1997 Thesis, Univ. of British Columbia. (E)

Action of estradiol-17B on the synthetic activity of the silk gland in *Bombyx mori* L.

Action de l'oestradiol 17B sur l'activité synthétique de la glande séricigène chez *Bombyx mori* L.

KESHAN B., RAY A.K.

1998 J. Insect Physiol., Vol. 44, 491-498. (E)

Hydrophobic interaction of P25, containing Asn-linked oligosaccharide chains, with the H-L complex of silk fibroin produced by *Bombyx mori*.

Intéraction hydrophobique de P25, contenant des chaînes d'oligosaccharide liées à Asn, avec le complexe H-L de la fibroïne de soie produite par *Bombyx mori*.

MIZUNO S. *et al.*

Laboratory of Molecular Biology, Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai 981-8555, Japan.

1999 Insect Biochemistry and Molecular Biology, Vol. 29, 269-276. (E)

Structure and expression of silk protein gene in the silkworm and spider.

Structure et expression du gène de la protéine de soie chez le ver à soie et l'araignée.

PENG W.

Department of Sericulture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China.

1998 Canye Kexue, Vol. 24(4), 231-243. (C,e)

Soie

Silk

Photochemical behavior of natural silk. 2/ Mechanic of fibroin photo destruction.

Comportement photochimique de la soie naturelle. 2/ Mécanisme de la photo-destruction de la fibroïne.

BALTOVA S. *et al.*

1998 *Polym. Degrad. Stab.*, Vol. 60(1), 61-65. (E)

Photochemical behavior of natural silk. 1/ Kinetic investigation of photo yellowing.

Comportement photochimique de la soie naturelle. 1/ Investigation cinétique du photo-jaunissement.

BALTOVA S. *et al.*

1998 *Polym. Degrad. Stab.*, Vol. 60(1), 53-60. (E)

Evolution of repetitive proteins: spider silks from *Nephila clavipes* (Tetragnathidae) and *Araneus bicentenarius* (Araneidae).

Evolution des protéines à motifs répétés : soies d'araignée de *Nephila clavipes* (Tetragnathidae) et *Araneus bicentenarius* (Araneidae).

BECKWITT R. *et al.*

1998 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 28(3), 121-130. (E)

Catalyst properties of immobilized lipase on silk.

Propriétés catalytiques de la lipase immobilisée sur la soie.

CAO G., SHENG M., GAO G.

1997 *Riyong Huaxue Gongye*, Vol. 6, 11-13. (E)

Coordinate reaction between silk sericin protein and Ni(II) ion and secondary structure of the complexes.

Réaction coordonnée entre la protéine de sérécine de la soie, l'ion Ni(II) et la structure secondaire des complexes.

CHEN W. *et al.*

1997 *Zhejiang Sichou Gongxueyuan Xuebao*, Vol. 14(3), 149-153. (E)

Fabric classification based on recognition using a neural network and dimensionality reduction.

Classification des tissus basée sur la reconnaissance utilisant un réseau et une réduction dimensionnelle.

FAN K.C. *et al.*

1998 *Textile Research Journal*, Vol. 68(3), 179-185. (E)

Technique for application of fast scouring agent for silk.

Technique pour l'application d'agent de nettoyage rapide pour la soie.
FENG Y.

1997 *Zhejiang Sichou Gongxueyuan Xuebo*, Vol. 14(3), 159-166. (E)

Molecular weight effect on secondary structural formation for uniform polypeptides with a repeating sequence of glycine rich sequence of spider dragline silk.

Conséquence du poids moléculaire sur la formation structurale secondaire pour les polypeptides uniformes avec une séquence répétée riche en glycine de la soie de la toile d'araignée.
FUKUSHIMA Y.

1998 *Chem. Lett.*, Vol. 9, 939-940. (E)

Optothermal properties of fibers. 9/ Study changes of optical parameters by multiple-beam technique due to thermal annealing for natural silk fibers.

Propriétés optothermiques des fibres. 9/ Etude des paramètres optiques par la technique à multiples faisceaux due à l'"annealing" thermique des fibres de soie naturelle.

HAMZA A.A. et al.

1998 *J. Appl. Polym. Sci.*, Vol. 69, 1459-1504. (E)

Characteristics and structure of gel with fibroin and sericin.

Caractéristiques et structure du gel avec la fibroïne et la sérécine.
HU G., ZHU L.

1997 *Zhejiang Sichou Gongxueyuan Xuebao*, Vol. 14(3), 154-158. (E)

Studies on lipids of cocoon shell. 1. Hydrocarbons.

Etudes sur les lipides des cocons. 1- Hydrocarbures.
IWA S.

Department of Applied Biology, Kyoto Institute of Technology, Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-0962, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(6), 485-491. (J,e)

Whiteness, hardness and dyeing properties of tussah silk fabrics treated with chitosan after one-bath degumming and bleaching.

Blancheur, fermeté et propriétés tinctoriales des étoffes de soie tussah traitées avec le chitosan après décreusage et décoloration.

KAKO T., KATAYAMA A.

Himeji Junior College, Himeji, 670-0092 Hyogo, Japan.

1998 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 67(5), 403-408. (J,e)

Fibrous proteins - silk as a model system.

Protéines fibreuses - la soie comme système modèle.

KAPLAN D.L.

1998 *Polym. Degrad. Stab.*, Vol. 59(1), 25-32. (E)

Modification of polyester fabrics with silk sericin fixed by resin finishing.

Modification des tissus en polyester avec la sérécine de soie fixée par la résine de finition.

KATO H., YASUTA K.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 73-76. (J)

Influence of steam treatment on crystalline regions of silks.

Influence de traitements à la vapeur sur les régions cristallines des soies.

KAWAHARA Y.

1998 *Textile Research Journal*, Vol. 68(5), 385. (E)

Effect of uniaxial orientation on silk fibroin crystallization.

Effet de l'orientation uniaxiale sur la cristallisation de la fibroïne de soie.

KHOLMUMINOV A.A. *et al.*1998 *Zh. Fiz. Khim.*, Vol. 72(4), 763-764. (E)**Research on the assemble structures of the Bulky mulberry silk filament.**

Recherche sur les structures assemblées du filament de soie Bulky.

SHEN J., CHEN Y.

Silk Textile Institute of Suzhou University, Suzhou 215021, China.

1999 *Canye Kexue*, Vol. 25(1), 46-52. (C,e)**Exploration on reelability percentage variation with grey correlation multiregression methods.**

Exploration sur la variation du pourcentage de dévidabilité avec les méthodes de multirégression de corrélation.

SUN Z. *et al.*1999 *Canye Kexue*, Vol. 25(1), 63-64. (C)**Structures and physical properties of polyvinyl alcohol/sericin blend hydrogel fibers.**

Structures et propriétés physiques de l'alcool polyvinyle/séricine mélangée à des fibres d'hydrogel.

WANG S., GOTO Y., OHKOSHI Y., NAGURA M.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda 386-8567, Japan.

1999 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 68(1), 1-7. (J,e)**Studies on relation between cocoon fluorescent colour and quality of cocoon filament.**

Etudes sur la relation entre la fluorescence des cocons et la qualité du filament de cocon.

ZHENG X. *et al.*1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 250-252. (C)**Studies on the molecular structure and crystallinity of fibroin protein during gelation.**

Etudes sur la structure moléculaire et la cristallinité de la protéine de fibroïne au cours de la gélification.

ZHU L. *et al.*

Department of Sericultural Science, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029, China.

1998 *Canye Kexue*, Vol. 24(4), 231-243. (C,e)

