

sericologia

Revue des Vers à Soie

Journal of Silkworms

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

Directeur Gérant
Rédacteur en Chef
Rédacteur Adjoint

B. MAUCHAMP
G. CHAVANCY
A. FOURNIER

Managing Director
Chief Editor
Deputy Editor

COMITE DE REDACTION **EDITORIAL BOARD**

AKAPANTHU S. (Thaïlande / *Thailand*)
BEAULATON J. (France)
BOSQUET G. (France)
CAPPELLOZZA L. (Italie / *Italy*)
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*)
FOURCHÉ 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)
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*)
J. E. MIRANDA (Brésil / *Brazil*)
TAKEDA S. (Japon / *Japan*)
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*)

EFFECT OF SALINITY STRESS ON SOME IMPROVED VARIETIES OF MULBERRY, *MORUS* SPP.

T. MOGILI, A. SARKAR & M. MUNIRATHNAM REDDY*

Mulberry Breeding and Genetics Section, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-570008, India

*The present investigation was carried out to find out the effect of salinity stress on some improved varieties of mulberry, the host plant of silkworm **Bombyx mori** L. The experiment was conducted under simulated conditions with five improved varieties of mulberry developed at this institute viz., Kanya-2, S-36, Victory-1 (V-1), S-13 and AR-10 along with Mysore local, for one year under three levels of salinity (EC: 0.8, 3.2, 8.0 dSm⁻¹) in Wagner's pots. Salinity was created by adding NaCl and CaCl₂ in the soil prior to planting. Significant variability was observed among the varieties and salinity levels with respect to survival, leaf yield, leaf area, total shoot length and ion uptake. Among the varieties tested, V-1 variety was found to be tolerant to salinity followed by AR-10 with higher survival, higher yield and higher salt tolerance indices. The salt tolerance mechanism that operated in the mulberry system appears to be the accumulation of K and avoidance of Na and chloride.*

Keywords: Saline tolerance, improved mulberry varieties, survival, ion accumulation, salt tolerance indices.

INTRODUCTION

Nearly ten million hectares of land in India is seriously impeded with soil salinity or sodicity. These soils contain excess neutral soluble salts, chiefly chloride and sulphates of sodium, calcium and magnesium, in quantities sufficient to affect the survival and growth of the plant causing serious problems for commercial agriculture/sericulture. Besides management as one of the feasible means of improving crop yields on salt affected soils, particularly in irrigated areas, there is a vast scope for genetic improvement towards salt tolerance in crops (Epstein, 1985; Epstein and Rains, 1987; Ashraf and McNeilly, 1988) as it is more effective, less costly, non-polluting and longer lasting (Epstein *et al.*, 1980 and Downton, 1984). Presently, serious efforts are being made for horizontal spread of sericulture to boost up the silk production in the country. Understanding the mechanism of salt tolerance in mulberry and subsequent development of saline tolerant varieties will provide a scope to exploit saline soils for mulberry cultivation. Need for effective utilization of these problematic soils to meet the challenge in increasing mulberry production is of greater importance as the increase in leaf yield in mulberry will increase the production of silk.

Since mulberry is a perennial and fast growing plant, studies have been initiated to identify the salt tolerant genotypes by screening under coastal saline soils (Agastian and Vivekanandan, 1997a; Agastian *et al.*, 1995; Chakraborti *et al.*, 2000) and under induced salinity conditions (Ramanujulu

* Basic Seed Farm, National Silkworm Seed Project, Naganahalli

et al., 1994; Shaik Mohamed Anas and Vivekanandan, 1994a,b and 1999, Mogili *et al.*, 1998, Prakash *et al.*, 1998; Agastian and Vivekanandan, 1997b). The present study was conducted to elucidate the effect of salinity on some improved varieties of mulberry and to define parameters for identification of salt tolerant mulberry varieties for commercial exploitation.

MATERIALS AND METHODS

The present investigation was carried out at Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore during 1998-99 under controlled conditions using pot culture technique in Wagner's pots. Each pot was filled with 6.8kg soil and 0.46 kg farmyard manure. While preparing the soil, 0.8g of suphala (N:P:K @ 15:15:15) and 0.9 g of ammonium sulphate/pot were added prior to the planting as 50% of recommended dose of N:P:K @ 150:60:60 kg/ha. The electrical conductivity values of the basal medium (0.8 dSm^{-1}) was considered as control. The electrical conductivity was raised to 3.2 dSm^{-1} and 8.0 dSm^{-1} by adding NaCl and CaCl_2 in 1:1 ratio at the time of pot filling. Electrical conductivity of 3.2 and 8.0 dSm^{-1} were considered as medium and high salinity levels as per the report of Shaik Mohamed Anas and Vivekanandan (1994a), who reported that EC 6.0 dSm^{-1} was toxic to rooting and sprouting of mulberry genotypes. Five improved varieties of mulberry namely Kanva-2, S-36, Victory-1 (V-1), S-13 and AR-10 along with Mysore local, a traditional variety, were subjected to these three levels of salinity as mentioned above.

The investigation was conducted in two experiments separately by using mature stem cuttings of mulberry as planting material in one set of experiment and saplings as planting material in the other set of experiment. The first set of experiment was conducted to study the ease of establishment of different mulberry genotypes in saline soil whereas the second experiment was conducted to record the growth and yield parameters. Both the experiments were conducted simultaneously.

Experiment-1: The experiment was conducted in Wagner's pots with eight months old cuttings of different mulberry varieties mentioned earlier under Randomized Block Design (RBD) with three replications. Eight cuttings of each variety of uniform size and thickness with at least 3 buds were planted in each pot which served as replication and subjected to three levels of salinity viz., EC 0.8 (control), 3.2 (medium) and 8.0 (high) dSm^{-1} . Observations on the percentage of sprouting and survival of cuttings were recorded on 30th day and 90th day of planting, respectively.

Experiment-2: The experiment was conducted also in the Wagner's pots with the same six mulberry varieties, but in this case four months old saplings of uniform size were used. As in experiment-1, this was also carried out in RBD with three replications and the pots were subjected to the similar salinity levels (EC 0.8, 3.2 and 8.0 dSm^{-1}).

All the pots were maintained under recommended dose of fertilizers i.e., N: P: K @ 300:120:120kg/ha/year in 5 equal splits. Irrigation was provided without allowing leaching and to maintain soil moisture uniformly. After establishment of saplings, data were collected for one year covering five harvests of 70 days duration each. Data on leaf yield, total shoot length (cm/plant), leaf area (cm^2) using Leaf Area Meter (LICOR-3100) and shoot weight without leaves were recorded. The average data were used for analysis. For ion accumulation studies in different plant parts, leaves from 5th harvest were collected and kept separately. The plants were uprooted and separated into roots and shoots. The plant materials were thoroughly washed in tap water and then rinsed in deionised water. The materials dried to constant weights at 70°C in Oven (Yamato DF-62) were ground and sieved. The sieved samples were analyzed for Na, K, Ca and chlorides (Jackson, 1973). While soil samples were analysed for available NPK, DTPA extractable Fe, Zn, Mn, and Cu were estimated by atomic absorption spectrometry as described by Vogel (1978).

Tolerance indices were calculated by adopting the formulae suggested by Rana (1986) and Maloo, (1993) with slight modifications:

Leaf Yield Response Index (LYRI)=

$$\frac{\text{Leaf yield of a variety (average of all stress environments)}}{\text{Mean yield of all varieties under stress environments}}$$

Stress Resistance index (SRI) =

$$\frac{\text{Leaf yield of a variety (average of all stress environments)}}{\text{Leaf yield of the same variety under non-stress environment}}$$

Varietal Score (VS) = LYRI x SRI

In all the cases, higher the values for index or score, stronger is the resistance.

Analysis of variance was performed using two way ANOVA according to standard method to study the effect of different levels of salinity on different varieties of mulberry and the interaction between varieties and salinity levels.

RESULTS

The soil samples collected periodically from different pots where different salinity levels have been created at the time of initiation of the experiment and after each harvest were analyzed. The average values of all the observations are presented in Table-1, which exhibited a slight increase in pH and increase in Exchangeable Sodium Percentage (ESP) and Sodium Adsorption Ratio (SAR) with the increase in salinity levels. However, pH, ESP and SAR were found to be within normal range of variation without affecting the actual salinity condition induced.

Effect on sprouting and survival :

Significant variability with respect to sprouting and survival of cuttings (experiment 1) were observed among the varieties under different salinity levels (Table II). A perusal of Table-2 indicated that in general, both sprouting and survival percentage reduced significantly with the increase in salinity. The average performance of different varieties was also found to differ significantly. The significant interaction between variety and salinity level indicated the differential response of different varieties on different levels of salinity. All the varieties except S-13 exhibited more than 60% sprouting at medium salinity of EC 3.2 dSm⁻¹. As salinity increased to EC 8.0 dSm⁻¹, drastic reduction in sprouting percentage was observed in Mysore local and S-36 followed by S-13. Variety V-1 exhibited the highest sprouting of 79.2% at high salinity level (EC 8.0 dSm⁻¹) followed by AR-10 (66.7%). Variety V-1 and genotype AR-10 exhibited higher survival percentage on 90th day of plantation in high salinity treatments, while the others recorded survival percentage below 40. Though drastic reduction in survival percentage was observed in genotypes under experiment-1 when cuttings were directly planted in the simulated condition, but no significant mortality was observed in different genotypes when grown up saplings were planted in pots for the study. S-36 and Mysore local exhibited maximum leaf burn symptoms while Kanva-2 and S-13 showed moderate leaf burn at high salinity level. Varieties, V-1 and AR-10 exhibited minimum leaf burn injury symptoms even in the higher level of salinity.

Table I. Chemical analysis of soil with different levels of salinity during the experimentation (Average of all observations)*Tableau I. Analyse chimique du sol avec différents niveaux de salinité pendant l'expérimentation (Moyenne de toutes les observations).*

Parameters / Paramètres	Control <i>Témoin</i> (EC 0.8 dSm ⁻¹)	Medium salinity <i>Salinité moyenne</i> (EC 3.2 dSm ⁻¹)	High salinity <i>Salinité élevée</i> (EC 8.0 dSm ⁻¹)
pH	7.2	7.30	7.5
Electrical conductivity- dSm ⁻¹ / <i>Conductivité électrique</i>	0.80	3.20	8.0
Exchangeable Sodium Percentage (ESP) <i>Pourcentage de sodium échangeable (ESP)</i>	4.70	10.40	13.5
Sodium Adsorption Ratio (%) - (SAR) <i>Taux d'adsorption du sodium (%) - (SAR)</i>	3.5	12.3	14.4
Nitrogen (kg/ha) / <i>Azote (kg / ha)</i>	94.0	54.6	45.2
Phosphorus (kg/ha) / <i>Phosphore (kg/ha)</i>	20.2	7.60	8.8
Potassium (kg/ha)	340	380	350
Organic carbon (%) / <i>Carbone organique (%)</i>	0.72	0.32	0.36
Iron (ppm) / <i>Fer (ppm)</i>	4.50	3.70	2.60
Zinc (ppm)	1.10	0.66	0.54
Manganese (ppm)	0.76	0.47	0.41
Copper (ppm) / <i>Cuivre (ppm)</i>	3.46	1.26	0.86

Effect on yield and yield contributing parameters:

The mean values for growth and yield for different mulberry varieties at different levels of salinity as recorded from experiment-2 are presented in Tables III and IV. Table III indicated the significant gradual reduction in total shoot length at medium (408 cm) and high (140 cm) salinity levels in comparison to control (564 cm). Average leaf area per plant was drastically reduced at higher salinity level (1516 cm²) in comparison to 3278 cm² at medium salinity level (EC 3.2 dSm⁻¹) and 5311 cm² in control. The reduction in average leaf area was found to be significant in both the cases when compared to control. Variety V-1 exhibited higher average values for total shoot length (479 cm) and leaf area (4843 cm²) followed by AR-10 with total shoot length of 448 cm and leaf area of 4118 cm². At both high and medium salinity levels the variety V-1 performed the best followed by the genotype AR-10.

With regard to shoot weight (without leaf) and leaf yield per plant (Table IV), V-1 exhibited higher shoot weight and leaf yield followed by AR-10 under both medium and high salinity levels. Anyway, the reduction of these two parameters was found to be significant in comparison to their respective control. V-1 showed 43.4% reduction in leaf yield under high salinity (EC 8.0 dSm⁻¹) whereas, S-36 and S-13 showed severe reduction of 86 and 88.7%, respectively. Genotypes, Mysore local, Kanva-2 and AR-10 showed medium reduction in leaf yield under higher salinity. Shoot weight also decreased in all the varieties with the increase in salinity. As already stated, the differential responses of different mulberry varieties to different levels of salinity viz., normal, medium and high were evidenced with the significant interaction between mulberry varieties and salinity levels.

Table II. Effect of salinity on sprouting and survival percentage of different mulberry varieties.*Tableau II. Effet de la salinité sur le pourcentage de débourrage et de survie chez différentes variétés de mûrier.*

Variety	Sprouting percentage Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Survival percentage Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
<i>Variété</i>	<i>Pourcentage de pousses Niveau de salinité (EC dSm⁻¹)</i>				<i>Pourcentage de survie Niveau de salinité (EC dSm⁻¹)</i>			
	<i>Témoin (0.8)</i>	<i>Moyen (3.2)</i>	<i>Elevé (8.0)</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Témoin (0.8)</i>	<i>Moyen (3.2)</i>	<i>Elevé (8.0)</i>	<i>Moyenne</i>
Local	95.83 (80.39)*	70.83 (57.41)	16.67 (23.80)	61.11 (53.87)	91.67 (74.84)	66.67 (54.82)	29.17 (32.58)	62.50 (54.09)
Kanva-2	91.67 (74.84)	75.00 (60.00)	62.50 (52.41)	76.39 (62.36)	91.67 (74.84)	62.50 (52.24)	16.67 (23.80)	56.95 (50.30)
S-36	91.67 (74.84)	62.50 (52.41)	16.67 (23.80)	56.95 (50.35)	79.17 (63.10)	33.33 (35.17)	12.50 (20.70)	41.67 (39.66)
V-1	95.83 (80.39)	83.33 (66.20)	79.17 (63.10)	86.11 (69.89)	95.83 (80.39)	83.33 (66.20)	79.17 (63.10)	86.11 (69.90)
S-13	91.67 (74.84)	58.33 (49.82)	45.83 (42.59)	65.28 (55.75)	91.67 (74.84)	45.83 (42.59)	37.50 (37.76)	58.33 (51.73)
AR-10	100.00 (85.94)	75.00 (60.00)	66.67 (54.82)	80.56 (66.92)	91.67 (74.84)	70.83 (57.41)	66.67 (54.82)	76.39 (62.36)
Mean	94.45 (70.54)	70.83 (57.64)	47.91 (44.25)	71.06 (60.14)	90.28 (73.81)	40.28 (38.80)	40.28 (38.80)	63.66 (54.67)
CD at 5%								
For variety means :			2.86				2.48	
<i>Pour les moyennes de variété</i>								
For salinity level means :			2.02				1.75	
<i>Pour les moyennes de niveau de salinité</i>								
For interaction between varieties and salinity levels :			4.96				4.29	
<i>Pour l'interaction entre les variétés et les niveaux de salinité</i>								

* Values in parentheses are transformed values / *Les valeurs dans les parenthèses sont les valeurs transformées.*

Table III. Effect of salinity on total shoot length and leaf area of six mulberry varieties.

Tableau III. Effet de la salinité sur la longueur totale de la pousse et la surface foliaire chez six variétés de mûrier.

Variety	Total shoot length / plant (cm) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Leaf area / plant (cm ²) Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
Variété	Longueur totale de pousses / plant (cm) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Surface foliaire / plante (cm ²) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)			
	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne
Local	448	426	96	323	3642	2569	929	2379
Kanva-2	596	425	123	381	4286	3310	1295	2964
S-36	426	215	39	227	5460	2312	260	2677
V-1	647	524	267	479	6563	4702	3265	4843
S-13	621	385	86	364	5620	3004	1055	3226
AR-10	646	473	226	448	6292	3771	2292	4118
Mean / Moyenne	564	408	140	370	5311	3278	1516	3368
CD at 5%								
For variety means / Pour les moyennes de variété :					8.13		138.8	
For salinity level means / Pour les moyennes de niveau de salinité :					3.67		98.14	
For interaction between varieties and salinity levels :					38.99		240.41	
Pour l'interaction entre les variétés et les niveaux de salinité								

Construction of tolerance indices and varietal scores:

The tolerance indices as measured by using leaf yield of different varieties under non-stress (control) and salinity stress conditions showed clear differences among the varieties (Table V). Variety V-1 recorded higher values for all the three indices namely, leaf yield response index (LYRI), stress resistance index (SRI) and varietal score (VS) indicating its higher tolerance to salinity stress. Similarly, the variety, S-36 recorded lowest values for all the three indices indicating the least tolerance to salinity. It may be observed from Table-V that ranking with respect to LYRI does not match with the SRI. The overall ranking of the varieties based on the varietal score indicates that V-1 was the most and S-36 was the least tolerant varieties.

Table IV. Effect of salinity on shoot yield and leaf yield of six mulberry varieties.

Tableau IV. Effet de la salinité sur le rendement en pousses et le rendement en feuilles de six variétés de mûrier.

Variety	Shoot yield / plant (g) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Leaf yield / plant (g) Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
Variété	Rendement en pousses / plant (g) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Rendement en feuilles / plant (g) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)			
	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne
Local	55	43	14	37	68	50	15	44
Kanva-2	85	72	29	62	81	69	23	58
S-36	125	57	18	67	115	47	16	59
V-1	135	104	82	107	129	96	73	99
S-13	111	63	21	65	115	47	20	61
AR-10	124	94	46	88	120	72	41	78
Mean / Moyenne	106	72	35	71	105	64	31	65
CD at 5%								
For variety means / Pour les moyennes de variété :			0.952		3.610			
For salinity level means : / Pour les moyennes de niveaux de salinité :			0.676		4.927			
For interaction between variety and salinity levels : / Pour l'interaction entre la variété et les niveaux de salinité :			4.735		11.017			

Ion accumulation in different plant parts:

Mineral composition (Na, K, Ca and chloride) of leaves, stem and roots of different varieties under non-stress and salinity stress is presented in Tables VI-VIII. Among the minerals studied, in general, contents of Na and chlorides were found to be higher in roots whereas K and Ca were found to be higher in leaves. Sodium concentration increased upon salinization in all plant parts irrespective of varieties, more sharply in roots. Roots retained a significant proportion of Na absorbed thus restricting its further movement to shoots and leaves. Variety V-1 showed less rate of absorption of Na in comparison to S-36, Kanva-2 and S-13, which absorbed the same at higher rate with the increase in salinity (Table-VIII). The content of K was found higher in leaves than in shoots and roots of all the tested varieties under non-stress conditions and decreased with increase in salinity.

Table V. Indices for measuring salinity tolerance of different varieties*Tableau V. Indices de mesure de la tolérance à la salinité chez différentes variétés.*

Genotype	Leaf yield response index (LYRI)	Stress resistance index (SRI)	Varietal score
<i>Génotype</i>	<i>Indice de réponse de rendement en feuilles (LYRI)</i>	<i>Indice de résistance au stress</i>	<i>Score variétal (VS)</i>
M. local	0.685 (5)*	0.478 (3)	0.327 (4)
Kanva-2	0.970 (3)	0.568 (2)	0.551 (3)
S-36	0.664 (6)	0.274 (6)	0.182 (6)
V-1	1.782 (1)	0.655 (1)	1.167 (1)
S-13	0.706 (4)	0.291 (5)	0.205 (5)
AR-10	1.192 (2)	0.471 (4)	0.561 (2)

* Values in parenthesis indicate ranking of varieties within the respective index/score / *Les valeurs entre parenthèses indiquent le classement des variétés par rapport à l'indice / au résultat respectifs.*

Mean values for different minerals studied in leaves of different varieties at different salinity levels are presented in Table-VI. The contents of Na and chloride in leaves increased significantly with the increase in salinity level whereas, the K content reduced significantly with the increase in salinity. Ca content in leaves provided an interesting picture, as it increased significantly in medium salinity and again reduced drastically in high salinity. Out of the six mulberry varieties studied, Variety V-1 recorded comparatively lower content of Na and chlorides and higher amount of K in leaves through gradual change from control to high salinity level.

Na, K, Ca and chloride contents in shoots (Table-VII) and roots (Table-VIII) indicated the similar trend as in leaves. The variety V-1 showed comparatively lower level of Na, chlorides and higher level of K in all the plant parts at higher salinity level, which was followed by AR-10. The differential response of different mulberry varieties at different levels of salinity were evidenced from the significant interaction between mulberry varieties and salinity levels. Among the tested varieties, V-1 showed higher content of K in all the plant parts than the other varieties. In general, the calcium content in leaves increased at medium salinity and decreased at higher salinity while it increased in both shoots and roots in response to increase in salinity. The content of chloride increased in all the plant parts in proportion to the salinity stress.

The increase of Na content and decrease of K content in all the plant parts in response to increase in salinity level consequently resulted in decrease of K:Na ratio with the increase in salinity. Among the tested genotypes, variety V-1 exhibited comparatively higher K:Na ratio in the respective salinity level in all the plant parts followed by AR-10 and the least in S-36 and S-13 (Table-IX). In general, the ratio of K:Na increased from root to shoot and to leaves which indicates the selective uptake and transport and preferential partitioning of ions between organs.

Table VI. Relative accumulation of Na, K, Ca and chloride in leaves of six varieties under control and salinity stress.

Tableau VI. Accumulation relative de Na, K, Ca et de chlorure dans les feuilles de six variétés chez les témoins et avec stress salin.

Variety	Na (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				K (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
Variété	Na (mg/g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				K (mg /g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg/g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)			
	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne
Local	3.10	3.83	5.55	4.16	46.06	41.55	39.65	42.42	10.05	10.70	9.29	10.01	3.42	3.46	6.11	4.33
K-2	2.98	3.90	5.59	4.16	46.83	40.93	38.99	42.25	11.69	14.74	10.27	12.23	4.44	4.29	8.25	5.66
S-36	3.28	4.70	9.40	5.79	53.80	48.74	45.60	49.38	9.45	11.69	7.44	9.52	3.79	3.94	9.47	5.73
V-1	3.09	3.93	5.39	4.14	54.86	52.91	49.70	52.49	8.71	12.41	7.72	9.62	2.29	2.79	3.45	2.84
S-13	3.20	4.23	6.15	4.53	47.38	42.55	38.56	42.83	10.16	13.07	6.99	10.07	4.37	4.30	5.88	4.85
AR-10	2.97	3.63	5.82	4.14	52.01	49.37	47.26	49.55	7.73	14.69	7.75	9.06	4.47	4.80	7.79	5.69
Mean	3.10	4.04	6.32	4.49	50.16	46.01	43.30	46.49	9.63	12.38	8.24	10.08	3.80	3.93	6.82	4.85
CD at 5%																
For variety means			0.049				0.588				0.359				0.035	
Pour les moyennes de variété																
For salinity level means			0.035				0.416				0.254				0.025	
/ Pour les moyennes de niveau de salinité																
For interaction between			0.086				1.019				0.621				0.060	
Variety X salinity levels																
/ Pour l'interaction entre la variété × niveaux de salinité																

Table VII. Relative accumulation of Na, K, Ca and chloride in shoots of six varieties under control and salinity stress.

Tableau VII. Accumulation relative de Na, K, Ca et chlorure dans les pousses de six variétés chez les témoins et sous stress salin.

Variety	Na (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				K (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
Variété	Na (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				K (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)			
	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyenne (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne
Local	3.17	3.20	6.82	4.40	26.72	23.16	19.47	23.12	0.91	0.91	0.95	0.92	2.07	2.19	4.26	2.84
K-2	2.94	3.69	5.93	4.19	26.77	24.84	20.72	24.11	1.40	2.04	2.45	1.96	2.77	2.91	5.50	3.73
S-36	3.14	4.18	9.28	5.53	30.28	22.20	19.22	23.90	1.24	1.84	2.17	1.75	3.00	3.05	6.79	4.28
V-1	2.94	3.19	5.33	3.82	35.86	31.69	28.70	32.08	1.09	2.02	2.39	1.83	1.90	2.02	3.44	2.45
S-13	2.95	3.14	7.19	4.43	22.76	21.18	18.53	20.82	1.69	1.89	2.07	1.88	2.05	2.19	5.54	3.26
AR-10	2.75	2.84	5.65	3.75	26.78	24.59	21.30	24.22	1.64	1.75	1.94	1.78	1.82	2.02	3.72	2.52
Mean / Moyenne	2.98	3.37	6.70	4.35	28.19	24.61	21.32	24.71	1.33	1.74	1.99	1.69	2.27	2.40	4.87	3.18
C'D at 5%																
For variety mean			0.070				0.584				0.037				0.050	
Pour les moyennes de variété :																
For salinity level means			0.050				0.413				0.026				0.035	
/ Pour les moyennes de niveaux de salinité :																
For interaction between			0.121				1.011				0.064				0.086	
Variety and salinity level																
Pour l'interaction entre la variété et les niveaux de salinité																

Table VIII. Relative accumulation of Na, K, Ca and chloride in roots of six varieties under control and salinity stress.

Tableau VIII. Accumulation relative de Na, K, Ca et chlorure dans les racines de six variétés chez les témoins et sous stress salin.

Variety	Na (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				K (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg/g on dry weight) Salinity level (EC dSm ⁻¹)			
	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean	Control (0.8)	Medium (3.2)	High (8.0)	Mean
Variété	Na (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				K (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Ca (mg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)				Cl (µg / g poids sec) Niveau de salinité (EC dSm ⁻¹)			
	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne	Témoin (0.8)	Moyen (3.2)	Elevé (8.0)	Moyenne
Local	12.20	15.17	25.88	17.75	7.68	6.96	5.52	6.72	0.87	1.01	1.38	1.09	3.94	4.21	6.30	4.82
K-2	15.85	19.36	26.95	20.72	7.84	6.79	5.28	6.64	1.63	1.90	2.26	1.93	4.50	4.69	8.46	5.88
S-36	14.42	19.45	30.07	21.31	10.43	8.50	6.40	8.44	1.19	1.79	1.94	1.64	3.84	4.07	10.18	6.03
V-1	10.42	13.11	19.92	14.48	10.18	9.12	7.50	8.93	0.98	1.84	2.17	1.66	2.58	2.97	3.69	3.08
S-13	13.97	20.38	27.37	20.57	8.92	7.28	5.60	7.27	1.62	1.68	1.90	1.73	4.50	4.80	6.14	5.15
AR-10	12.07	14.13	19.36	15.19	8.15	7.24	6.43	7.27	1.52	1.70	1.90	1.71	4.95	4.99	8.94	6.29
Mean	13.16	16.94	24.92	18.34	8.87	7.65	6.12	7.55	1.30	1.66	1.92	1.63	4.05	4.29	7.29	5.21
CD at 5%																
For variety means / Pour les moyennes de variété					0.484				0.127				0.041			
For salinity level means / Pour les moyennes de niveau de salinité					0.342				0.090				0.029			
For interaction between variety and salinity levels Pour l'interaction entre la variété et les niveaux de salinité					0.838				0.221				0.071			

Table IX. K: Na ratio in different organs of six mulberry varieties under control and salinity stress.

Tableau IX. Ratio K : Na dans différents organes de six variétés de mûrier chez les témoins et sous stress salin.

Variety	Leaves				Shoots				Roots				Average			
	Salinity level (EC dSm-1)				Salinity level (EC dSm-1)				Salinity level (EC dSm-1)				Salinity level (EC dSm-1)			
	Control	Medium	High	Mean	Control	Medium	High	Mean	Control	Medium	High	Mean	Control	Medium	High	Mean
	(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)	
	Feuilles				Pousses				Racines				Moyenne			
	Niveau de salinité (EC dSm-1)				Niveau de salinité (EC dSm-1)				Niveau de salinité (EC dSm-1)				Niveau de salinité (EC dSm-1)			
	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne	Témoin	Moyen	Elevé	Moyenne
	(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)		(0.8)	(3.2)	(8.0)	
Local	14.86	10.85	7.14	10.95	8.43	7.24	2.85	6.17	0.63	0.46	0.21	0.43	7.97	6.18	3.40	4.82
K-2	15.71	10.49	6.97	11.06	9.10	6.73	3.49	6.44	0.49	0.35	0.20	0.35	8.43	5.86	3.53	5.88
S-36	16.40	10.37	4.85	10.54	9.64	5.31	2.07	5.67	0.72	0.44	0.21	0.46	8.92	5.37	2.38	6.03
V-1	17.75	13.46	9.22	13.48	12.20	9.93	5.38	9.17	0.98	0.70	0.38	0.69	10.31	8.03	4.99	3.08
S-13	14.85	10.06	6.27	10.39	7.71	6.74	2.58	5.67	0.64	0.36	0.20	0.40	7.73	5.72	3.02	5.15
AR-10	17.51	13.60	8.12	13.08	9.74	8.66	3.77	7.39	0.68	0.51	0.33	0.51	9.31	7.59	4.07	6.29
Mcan / Moyenne	16.18	11.47	7.09		9.47	7.44	3.36		0.69	0.47	0.26		8.78	6.46	3.57	
CD at 5%																
For variety means / Pour les moyennes de variété					0.204			0.151				0.021				0.088
For salinity level means / Pour les moyennes de niveau de salinité					0.144			0.017				0.015				0.062
For interaction between variety and salinity levels																
Pour l'interaction entre la variété et les niveaux de salinité					0.353			0.261				0.036				0.152

DISCUSSION

The main objective of the study is to find out the system that operates with the saline resistant mulberry varieties and to study the variation of such system in different genotypes of mulberry. The differential response of different mulberry varieties under salinity stress as observed through different parameters offers the opportunity to identify salt tolerant genotypes in mulberry. Salt tolerance of a crop is a kind of rating based on genotype response to increasing levels of salinity manifested through reduction in survival, yield and yield attributing traits associated with salinity injury symptoms (Shannon, 1984; Rana, 1980). The same criteria were used in the present study for the selection of salt tolerant varieties. The variety V-1 exhibited higher sprouting and survival percentages with minimum leaf burn symptoms at high salinity. Prakash *et al.*, (1998) employed survival and root characteristics as salinity tolerance index and recorded distinct differences among 14 mulberry accessions. In the course of their study, identified seven accessions as salt tolerant with 80–90 % survival at electrical conductivity of 6.0 dSm^{-1} . Shaik Mohamed Anas and Vivekanandan (1994a,b) also identified three mulberry genotypes as salt tolerant based on screening in coastal saline soils. In the present study, variety V-1 exhibited highest salt tolerance followed by AR-10 in comparison to Mysore local and other varieties.

The results on leaf yield, shoot weight, total shoot length and leaf area indicated significant differences between salinity levels and the varieties tested. Among the varieties, V-1 showed higher leaf yield and yield contributing characters in control as well as in salinity treatments and the rate of reduction was found to be lower than that in the other varieties. Greenways and Munns (1980) reported reduction in vegetative growth in regard to height, leaf area and number under salinity stress. The reduction in leaf area was recorded in mulberry (Agastian and Vivekanandan, 1997b), maize (Sharma and Gupta, 1987) and radish (Ramana and Ramadas, 1978) under high salinity levels.

Rana (1986) and Singh (1991) critically analyzed the selection criteria for salt tolerance in crop plants and concluded that the tolerant genotype shows higher rankings for leaf yield response, stress resistance indices and also higher varietal scores. In the present study, variety V-1 recorded higher ranks in all the three indices employed thus denoting the resistance to soil salinity.

Sodium absorption in response to salinity increased with increase in salinity levels and more distinctly in roots. Since root is the primary organ confronting salinity directly, the absorption of Na was more and its translocation to the leaf remained low (Sharma, 1995). Leaves generally accumulate more K than roots and the content decreases under salinity. Among the varieties, K:Na ratio was higher in V-1 in all the plant parts which was found to be tolerant to salinity as reflected by tolerance indices. Gill and Sharma (1994) reported that K content decreases under salinity in pigeon pea, however higher content of K in leaves was observed compared to that in roots. Experiments on mulberry accessions (Agastian and Vivekanandan, 1997a,b) and on barley (Niazi *et al.*, 1992) revealed higher K:Na ratio in leaves and shoots compared with that of the root, indicating the selective uptake of K in tolerant varieties to salinity stress. Experiments of Afridi *et al.*, (1988) and Rogers (2001) revealed that plants tolerant to salinity and sodicity showed less accumulation of Na and Cl and maintained its specificity for K and lower Na/K ratio.

The overall perusal of the present study indicated that different mulberry varieties respond differently under salt stress condition. The variety V-1 was found to be tolerant with higher survival percentage, comparatively higher yield, higher K:Na ratio and lower Na and Cl. This clearly indicates that saline tolerance is accomplished by accumulation of K and avoidance of Na and Chloride. Thus the variety V-1 was found to be relatively tolerant followed by AR-10 and could be cultivated in saline soils and also may be utilized in future breeding programs for developing varieties tolerant to salinity.

REFERENCES

- AFRIDI M. M. R. K., QUDAR A., DWIVEDI R. S. (1988) Effect of salinity and sodicity on growth and ionic composition of *Oryza sativa* and *Diplachne fusca*. L. Indian Botanical Society, 67, 166-182.
- AGASTIAN S. T. P., VIVEKANANDAN M. (1997a) Rooting potential of mulberry genotypes in coastal saline areas. *Sericologia*, 37, 521-523.
- AGASTIAN S. T. P., VIVEKANANDAN M. (1997b) Effect of induced salt stress on growth and uptake of mineral nutrients in mulberry (*Morus alba*). Indian J. Agric. Sci., 67, 469-472.
- AGASTIAN S. T. P., DOREUS, D., VIVEKANANDAN M. (1995) Screening of mulberry varieties for saline tolerance. *Sericologia*, 35, 487-492.
- ASHRAF M., MCNEILLY T. (1988) Variability in salt tolerance of nine spring wheat cultivars. J. Agron. Crop Sci., 160, 14-21.
- CHAKRABORTY S. P., BISWAS C. R., VIJAYANK., ROY B. N., SARATHICHANDRA B. (2000) Evaluation of mulberry varieties for coastal saline soils of West Bengal. Bull. Ind. Acad. Seri., 4, 41-45.
- DOWNTOWN W. J. S. (1984) Salt tolerance of food crops: Prospectives for improvements. CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 1, 183-201.
- EPSTAIN E. (1985) Salt tolerant crops: origin, development, and prospects of the concept. Plant and Soil, 89, 187-198.
- EPSTAIN E., RAINS D. W. (1987) Advances in salt tolerance. Plant and Soil, 99, 17-29.
- EPSTEIN E., NORLYN J. D., RUSH D. W., KINGSBURY R. W., KELLEY D. B., CUNNINGHAM G. A., WRONA A. F. (1980) Saline culture of crops: a genetic approach. Science, 210, 399-404.
- GILL K. S., SHARMA P. C. (1994) Varietal behaviour of pigeon pea to saline water application at various growth stages. Indian J. of Plant Physiol., 37, 5-8.
- GREENWAYS H., MUNNS R. (1980) Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiol., 31, 149-190.
- JACKSON M. L. (1973) Plant tissue analysis - mineral constituents. In Soil chemical analysis, Prentice Hall of India Pvt. Ltd. New Delhi, pp. 326-338.
- MALOO S. R. (1993) Breeding and screening techniques for salt tolerance in crop plants. In Management of salt-affected soils and waters. (eds. Somani, L.L., Totawat, K.L.), Agrotech Publishing Academy, Udaipur, pp. 321-357.
- MOGILI T., SARKAR A., SUZUKI M., MUNIRATHNAM REDDY M. (1998) Evaluation of salt tolerance in promising mulberry genotypes under simulated conditions. Current Technology Seminar on Mulberry & Silkworm Genetics & Molecular biology and Agronomy, at CSRTI, Mysore, India, Abstract No. 6.
- Niazi M. L. K., MAHMOOD K., MUJTABA S. M., MALIK K. A. (1992) Salinity tolerance in different cultivars of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Biologia Plantarum*, 34, 465-469.
- PRAKASH B. G., BONGALE U. D., DANDIN S. B. (1998). Screening of mulberry germplasm accessions for salt tolerance. *Sericologia*, 38, 367-372.
- RAMANA K. V. R., RAMADAS V. S. (1978) Physiological studies on the influence of salinity and alkalinity of radish (*Raphanus sativus*). Indian J. Plant Physiol., 21, 93-105.
- RAMANUJULU S., VEERANJANEYULU K., SUDHAKAR C. (1994) Sprouting and rooting of mulberry *Morus alba* L. var. mysore local cuttings under NaCl salinity. Indian J. Seric., 33, 86-88.
- RANA R.S. (1980) Genetics of resistance to salt stress and its utilization in wheat breeding. In Second National seminar on Genetics and wheat improvement. H.A.U. Hissar.
- RANA R.S. (1986) Evaluation and utilization of traditionally grown cereal cultivars of salt affected areas in India. Indian J. Genet., 46(suppl.), 121-135.
- ROGERS M. E. (2001) The effect of saline irrigation on Lucerne production: shoot and root growth, ion relations and flowering incidence in six cultivars grown in northern Victoria, Australia. Irrigation Science, 20, 55-64.

- SHAIK MOHAMED ANAS S., VIVEKANANDAN M. (1994a) Salinity responses of the triploid mulberry varieties. *Indian J. Seric.*, 33, 92-94.
- SHAIK MOHAMED ANAS S., VIVEKANANDAN M. (1994b) Evaluation of salinity tolerance in mulberry varieties by exploiting rooting potential. *Sericologia*, 34, 311-321.
- SHAIK MOHAMED ANAS S., VIVEKANANDAN M. (1999) Accumulation of certain organic metabolites in different mulberry genotypes during NaCl salinity. *Sericologia*, 39, 441-446.
- SHANNON M. C. (1984) Breeding, selection and the genetics of salt tolerance. In *Salinity tolerance in plants* (eds. Staples, R. C., Toenniessen, G. H.) John Wiley and Sons, New York. pp. 231-254.
- SHARMA S. K. (1995) Studies on growth, water relations and distribution of Na^+ , K^+ and other ions in wheat under short-term exposure to salinity. *Indian J. Plant Physiol.*, 38, 233-235.
- SHARMA S. K., GUPTA I. C. (1987) Effect of salinity on vegetative growth. In *Saline Environment and Plant Growth* (eds) . P.53.
- SINGH K. N. (1991) Recent approaches to breeding for salt tolerance in crop plants. Golden Jubilee symposium on Genet. Research and Education: Current trends and the next fifty years. 1, 197-198.
- VOGEL A. J. (1978) A text book of quantitative inorganic analysis. (ed. Richard Clay), The Charles Press Ltd. Briton.

EFFET DU STRESS SALIN SUR CERTAINES VARIETES DE MURIER AMELIOREES, *MORUS* SPP.

T. MOGILI, A. SARKAR & M. MUNIRATHNAM REDDY*

Mulberry Breeding and Genetics Section, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore – 570 008, Inde.

*Cette étude a été réalisée pour découvrir l'effet du stress salin sur certaines variétés de mûrier améliorées, la plante hôte du ver à soie **Bombyx mori** L. L'expérience a été réalisée dans des conditions simulées avec cinq variétés de mûrier améliorées mises au point dans cet Institut, c'est à dire Kanva-2, S-36, Victory-1 (V-1), S-13 et AR-10 en même temps que Mysore local pendant une année avec trois niveaux de salinité (CE 0,8 ; 3,2 ; 8 dSm⁻¹) dans des pots de Wagner. La salinité est créée en ajoutant du NaCl et du CaCl₂ dans le sol avant la plantation. On observe une variabilité significative en fonction des variétés et des niveaux de salinité pour la survie, le rendement foliaire, la surface foliaire, la longueur totale de la pousse et l'absorption des ions. Parmi les variétés testées, la variété V-1 s'avère être tolérante à la salinité suivie par AR-10 avec une survie, un rendement et des indices de tolérance au sel plus élevés. Le mécanisme de tolérance au sel qui se produit chez le mûrier consiste à accumuler du K et à éviter le Na et le chlorure.*

INTRODUCTION

Près de dix millions d'hectares de terre en Inde sont handicapés par la salinité et l'alcalinité du sol. Ces sols contiennent trop de sels solubles neutres, principalement du chlorure et des sulfates de sodium, de calcium et de magnésium en quantités suffisantes pour affecter la survie et la croissance de la plante et entraîner de sérieux problèmes pour l'agriculture / la sériciculture commerciales. En dehors de la gestion des sols comme l'un des moyens pour améliorer les rendements des cultures sur des sols affectés par le sel, particulièrement dans les zones irriguées, il existe de vastes possibilités d'amélioration génétique des cultures par rapport à leur tolérance au sel (Epstein, 1985 ; Epstein et Rains, 1987 ; Ashraf et McNeilly, 1988) et c'est un moyen plus efficace, moins coûteux, non-polluant et aux effets plus durables (Epstein et coll., 1980 et Downton, 1984). A l'heure actuelle, de sérieux efforts ont été entrepris pour l'extension horizontale de la sériciculture afin d'augmenter la production de soie dans le pays. La compréhension du mécanisme de tolérance au sel chez le mûrier et la mise au point ultérieure de variétés tolérantes le sel offre des possibilités d'exploitation des sols salins pour la culture du mûrier. L'utilisation efficace de ces sols problématiques pour augmenter la production de mûriers est primordiale puisque l'augmentation du rendement foliaire du mûrier permettra d'augmenter la production de soie.

Puisque le mûrier est une plante vivace à la croissance rapide, des études ont été entreprises pour identifier les génotypes tolérants le sel en analysant les sols salins côtiers (Agastian et Vivekanandan, 1997a ; Agastian et coll., 1995 ; Chakraborti et coll., 2000) et dans des conditions de salinité induite (Ramanujulu et coll., 1994 ; Shaik Mohamed Anas et Vivekanandan, 1994a, b et 1999, Mogili et coll., 1998, Prakash et coll., 1998 ; Agastian et Vivekanandan, 1997b). L'étude actuelle a été réalisée pour

* Basic Seed Farm, National Silkworm Seed project, Naganahalli.

analyser l'effet de la salinité chez certaines variétés de mûrier améliorées et pour définir les paramètres d'identification des variétés de mûrier tolérant le sel et pouvant être exploitées commercialement.

MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été réalisée au Central Sericultural Research and Training Institute, à Mysore en 1998-99 dans des conditions contrôlées en utilisant une technique de culture dans des pots de Wagner. Chaque pot est rempli avec 6,8 kg de sol et 0,46 kg de fumure. Tout en préparant le sol, on ajoute 0,8 g de suphala (N : P : K à raison de 15 : 15 : 15) et 0,9 de sulfate d'ammonium par pot avant la plantation ainsi que 50 % de la dose recommandée de N : P : K à raison de 150 : 60 : 60 kg / ha. Les valeurs de conductivité électrique du milieu de base ($0,8 \text{ dSm}^{-1}$) sont considérées comme le témoin. On augmente la conductivité électrique à $3,2 \text{ dSm}^{-1}$ et 8 dSm^{-1} en ajoutant du NaCl et du CaCl_2 dans un rapport 1 : 1 lorsqu'on remplit le pot. Les conductivités électriques de $3,2$ et 8 dSm^{-1} sont considérées comme des niveaux de salinité moyen et élevé d'après l'étude de Shaik Mohamed Anas et Vivekanandan (1994a), qui ont rapporté que la CE à 6 dSm^{-1} est toxique pour le racinement et la germination des génotypes de mûrier. Cinq variétés de mûrier améliorées à savoir Kanva-2, S-36, Victory-1 (V-1), S-13 et AR-10 et Mysore local, une variété traditionnelle, sont soumises à ces trois niveaux de salinité mentionnés plus haut.

L'étude est réalisée séparément en deux expériences en utilisant des boutures de tige de mûrier mature comme matériel de plantation dans un lot d'expériences et des jeunes plants dans un autre lot d'expérience. Le premier lot d'expériences est réalisé pour étudier la facilité d'établissement des différents génotypes de mûrier dans du sol salin tandis que la seconde expérience est réalisée pour enregistrer les paramètres de croissance et de rendement. Les deux expériences sont réalisées simultanément.

Expérience 1 :

L'expérience est réalisée dans des pots de Wagner avec des boutures de huit mois provenant des différentes variétés de mûrier mentionnées plus haut avec une conception en blocs aléatoire (RBD) et trois répétitions. Huit boutures de chaque variété, de taille et d'épaisseur uniforme avec au moins 3 bourgeons sont plantées dans chaque pot qui servent de répétitions et sont soumises à trois niveaux de salinité, c'est à dire CE de 0,8 (témoin), 3,2 (moyen) et 8 dSm^{-1} (élevé). Les observations sur le pourcentage de germination et la survie des boutures sont respectivement enregistrées le 30^{ème} jour et le 90^{ème} jour après la plantation.

Expérience 2 :

L'expérience est aussi réalisée dans des pots de Wagner avec les six mêmes variétés de mûrier, mais dans ce cas on utilise des jeunes plants de quatre mois de taille uniforme. Comme pour l'expérience 1, l'expérience est réalisée selon une disposition en blocs aléatoires avec trois répétitions et les pots sont soumis aux mêmes niveaux de salinité (CE de 0,8, 3,2 et 8 dSm^{-1}).

Tous les pots sont maintenus avec la dose d'engrais recommandée c'est à dire N : P : K à raison de 300 : 120 : 120 kg / année en 5 doses égales. On apporte une irrigation sans permettre la filtration de manière à maintenir l'humidité du sol de manière uniforme. Après l'établissement des jeunes plants, les données sont recueillies pendant un an et couvrent cinq cueillettes d'une durée de 70 jours chacune. Nous avons enregistré les données sur le rendement foliaire, la longueur totale de la pousse (cm / plant), la surface foliaire (cm^2) en utilisant un aeromètre (LICOR-3100) et le poids de la pousse sans feuille. Les données moyennes sont utilisées pour l'analyse. Pour les études d'accumulation des ions dans différentes parties de la plante, on recueille des feuilles de la 5^{ème} cueillette et on les garde séparément. Les plants sont déracinés et on sépare les racines des pousses. Les plants sont lavés avec soin avec de l'eau du robinet et rincés dans de l'eau déionisée. Les matériaux séchés à des poids

constants à 70° C dans un four (Yamato DF-62) sont moulus et tamisés. Les échantillons tamisés sont analysés en Na, K, Ca et chlorures (Jackson, 1973). Tandis que les échantillons de sol sont analysés en NPK disponible et on procède à l'estimation du Fe extractible DTPA, du Zn, du Mn et du Cu grâce à la spectrométrie par absorption atomique d'après la description de Vogel (1978).

Les indices de tolérance sont calculés en adoptant les formules de Rana (1986) et Maloo (1993) légèrement modifiées :

Indice de Réponse de Rendement Foliaire (LYRI) =

$$\frac{\text{Rendement foliaire d'une variété (moyenne de tous les environnements stressants)}}{\text{Rendement moyen de toutes les variétés avec des environnements stressants}}$$

Indice de Résistance au Stress (SRI) =

$$\frac{\text{Rendement foliaire d'une variété (moyenne de tous les environnements stressants)}}{\text{Rendement foliaire de la même variété dans un environnement non stressant}}$$

Résultat variétal (VS) = LYRI × SRI

Dans tous les cas, plus les valeurs pour l'indice ou la note sont élevées, plus la résistance est forte.

On réalise une analyse de variance en utilisant une ANOVA à deux facteurs selon une méthode habituelle pour étudier l'effet des différents niveaux de salinité sur différentes variétés de mûrier et l'interaction entre les variétés et les niveaux de salinité.

RESULTATS

On analyse les échantillons du sol recueillis périodiquement dans différents pots où différents niveaux de salinité ont été créés au début de l'expérience et après chaque cueillette. Les valeurs moyennes pour toutes les observations sont présentées dans le Tableau I, et montrent une légère augmentation du pH et une augmentation du pourcentage de sodium échangeable (ESP) et du ratio d'adsorption du sodium (SAR) avec l'augmentation des niveaux de salinité. Cependant, le pH, l'ESP et le SAR rentrent dans la fourchette normale de variation et n'ont pas d'effet sur la condition réelle de salinité induite.

Effet sur le débourrage et la survie :

On observe une variabilité significative du débourrage et de la survie chez les boutures (expérience 1) des variétés soumises à différents niveaux de salinité (Tableau II). L'étude du Tableau II indique qu'en général, le débourrage comme le pourcentage de survie baissent de manière significative avec l'augmentation de la salinité. On trouve aussi que la performance moyenne des différentes variétés varie de manière significative. L'interaction significative entre la variété et le niveau de salinité indique une réponse différentielle des différentes variétés avec différents niveaux de salinité. Toutes les variétés sauf S-13 présentent plus de 60 % de germination avec une salinité moyenne de 3,2 dSm⁻¹ de CE. Quand la salinité augmente à une CE de 8 dSm⁻¹, on observe une baisse radicale du pourcentage de germination de Mysore local et S-36, suivies par S-13. La variété V1 présente la germination la plus élevée de 79,2 % à un niveau de salinité élevée (CE de 8 dSm⁻¹) suivie par AR-10 (66,7 %). La variété V1 et le génotype AR-10 présentent le pourcentage de survie le plus élevé le 90^{ème} jour après la plantation avec les traitements de salinité élevée, tandis que les autres variétés enregistrent un pourcentage de survie en-dessous de 40. Bien qu'on observe une baisse

sévère du pourcentage de survie des géotypes avec l'expérience 1, quand les boutures sont directement plantées dans des conditions simulées, on n'observe pas de mortalité significative chez les différents géotypes quand on plante les jeunes plants adultes dans des pots pour l'étude. S-36 et Mysore local présentent des symptômes de brûlure maximum des feuilles tandis que Kanva-2 et S-13 présentent une brûlure de la feuille modérée avec des niveaux de salinité élevée. Les variétés, V-1 et AR-10 présentent des symptômes de brûlure de la feuille minimum même avec le niveau de salinité le plus élevé.

Effet sur le rendement et paramètres contribuant au rendement :

Les valeurs moyennes de croissance et de rendement des différentes variétés de mûrier avec différents niveaux de salinité et les données enregistrées pour l'expérience 2, sont présentées dans les Tableaux III et IV. Le Tableau III montre la baisse progressive significative de la longueur totale de la pousse avec des niveaux de salinité moyen (408 cm) et élevé (140 cm) par comparaison au témoin (564 cm). La surface foliaire moyenne par plant diminue radicalement avec le niveau de salinité le plus élevé (1516 cm²) par comparaison à un niveau de salinité moyen soit 3278 cm² (CE 3,2 dSm⁻¹) et 5311 cm² pour le témoin.

La réduction de la surface foliaire moyenne s'avère significative dans les deux cas par comparaison au témoin. La variété V-1 présente des valeurs moyennes plus élevées pour la longueur totale de la pousse (479 cm) et la surface foliaire (4843 cm²) suivie par AR-10 avec une longueur totale de la pousse de 448 cm et une surface foliaire de 4118 cm². La variété V1 obtient les meilleures performances avec des niveaux de salinité à la fois élevé et moyen, suivie par AR-10.

Pour le poids de la pousse (sans la feuille) et le rendement foliaire par plant (Tableau IV), V-1 présente le poids de pousse et le rendement foliaire les plus élevés suivis par AR-10 à la fois avec des niveaux de salinité moyen et élevé. De toute façon, la baisse de ces deux paramètres s'avère significative par comparaison à leur témoin respectif. V1 présente une baisse de rendement foliaire de 43,4 % avec une salinité élevée (CE de 8 dSm⁻¹) tandis que S-36 et S-13 présentent une baisse radicale respectivement de 86 et 88,7 %. Les géotypes, Mysore local, Kanva-2 et AR-10 présentent une baisse moyenne du rendement foliaire avec un niveau de salinité élevé. Le poids de la pousse baisse aussi chez toutes les variétés avec l'augmentation de la salinité. Comme il a déjà été précisé, les réponses différentielles des différentes variétés de mûrier avec différents niveaux de salinité, c'est à dire normal, moyen, et élevé sont prouvées par l'interaction significative entre les variétés de mûrier et les niveaux de salinité.

Construction des indices de tolérance et scores variétaux :

Les indices de tolérance que l'on mesure d'après le rendement foliaire de différentes variétés dans des conditions d'absence de stress (témoin) et de stress salin témoignent de différences distinctes entre les variétés (Tableau V). La variété V-1 enregistre des valeurs plus élevées pour les trois indices à savoir, l'indice de réponse de rendement foliaire (LYRI), l'indice de résistance au stress (SRI) et le score variétal (VS) ce qui indique sa tolérance plus élevée au stress salin. De même, la variété S-36 enregistre les valeurs les plus faibles pour les trois indices ce qui indique une tolérance inférieure à la salinité. On peut observer dans le Tableau V que le classement pour le LYRI ne correspond pas à celui pour le SRI. Le classement général des variétés d'après le résultat variétal indique que V-1 est la variété la plus tolérante et S-36 la moins tolérante.

Accumulation d'ions dans différentes parties de la plante :

La composition minérale (Na, K, Ca et chlorure) des feuilles, de la tige et des racines chez les différentes variétés avec absence de stress salin et stress salin est présentée dans les Tableaux VI à VIII. Parmi les minéraux étudiés, on trouve en général que les teneurs en Na et chlorures sont plus élevées dans les racines tandis que le K et le Ca sont plus élevés dans les feuilles. La concentration en sodium augmente avec la salinisation dans toutes les parties de la plante quelles que soient les

variétés, mais de manière plus prononcée dans les racines. Les racines retiennent une proportion significative du Na absorbé, ce qui restreint les mouvements ultérieurs vers les pousses et les feuilles. La variété V-1 présente un taux inférieur d'absorption de Na par comparaison à S-36, Kanva-2 et S-13, qui l'absorbent à un taux plus élevé avec l'augmentation de la salinité (Tableau VIII). La teneur en K s'avère plus élevée dans les feuilles que dans les pousses et les racines chez toutes les variétés testées dans des conditions d'absence de stress et baisse avec l'augmentation de la salinité.

Les valeurs moyennes pour les différents minéraux étudiés dans les feuilles des différentes variétés avec différents niveaux de salinité sont présentées dans le Tableau VI. Les teneurs en Na et en chlorure dans les feuilles augmentent de manière significative avec l'augmentation du niveau de salinité tandis que la teneur en K diminue de manière significative avec l'augmentation de la salinité. La teneur en Ca dans les feuilles est instructive, puisqu'elle augmente de manière significative avec une salinité moyenne et baisse de manière radicale avec une salinité élevée. Sur les six variétés de mûrier étudiées, la variété V-1 enregistre comparativement une teneur plus faible en Na et en chlorures et une quantité plus élevée en K dans les feuilles quand on passe progressivement d'un niveau témoin à un niveau de salinité élevée.

Les teneurs en Na, K, Ca et chlorure dans les pousses (Tableau VII) et les racines (Tableau VIII) indiquent une tendance similaire à celle relevée dans les feuilles. La variété V-1 présente un niveau comparativement plus bas en Na, en chlorure et un niveau plus élevé en K dans toutes les parties de la plante avec un niveau de salinité plus élevé, suivie par AR-10. La réponse différentielle de différentes variétés de mûrier avec différents niveaux de salinité est prouvée d'après l'interaction significative entre les variétés de mûrier et les niveaux de salinité. Parmi les variétés testées, V-1 présente une teneur plus élevée en K dans toutes les parties de la plante, plus que les autres variétés. En général, la teneur en calcium dans les feuilles augmente avec une salinité moyenne et baisse avec une salinité plus élevée tandis qu'elle augmente à la fois dans les pousses et les racines en réponse à l'augmentation de la salinité. La teneur en chlorure augmente dans toutes les parties de la plante en rapport avec le stress salin.

L'augmentation de la teneur en Na et la baisse de la teneur en K dans toutes les parties de la plante en réponse à l'augmentation du niveau de salinité entraîne par conséquent la baisse du rapport K : Na avec l'augmentation de la salinité. Parmi les génotypes testés, la variété V-1 présente comparativement un rapport K : Na plus élevé dans toutes les parties de la plante avec un niveau de salinité respectif suivie par AR-10 et il est moins important chez S-36 et S-13 (Tableau IX). En général, le rapport K : Na augmente de la racine à la pousse et aux feuilles, ce qui indique une absorption et un transport sélectifs et un morcellement préférentiel des ions entre les organes.

DISCUSSION

Le principal objectif de l'étude est de découvrir le mécanisme qui se produit avec les variétés de mûrier résistantes au sel et d'étudier la variation d'un tel système chez différents génotypes de mûrier. La réponse différentielle des différentes variétés de mûrier observée pour différents paramètres avec un stress salin permet d'identifier des génotypes de mûrier tolérant le sel. La tolérance au sel par une plante est un type de classification basée sur la réponse du génotype avec des niveaux de salinité de plus en plus élevés qui se manifeste par la baisse de la survie, du rendement et des traits contribuant au rendement associée à des symptômes de lésions salines (Shannon, 1984 ; Rana, 1980). Nous avons utilisé les mêmes critères dans cette étude pour la sélection de variétés tolérant le sel. La variété V-1 présente les pourcentages de débouillage et de survie les plus élevés avec des symptômes de brûlure des feuilles minimums pour une salinité élevée. Prakash et coll., (1998) ont employé les caractéristiques de survie et de racinement comme indice de tolérance de la salinité et enregistré des différences chez 14 variétés de mûrier. Au cours de leur étude, ils ont identifié sept variétés tolérant le sel avec une conductivité électrique de 6 dSm^{-1} qui présentaient un % de survie de 80 à 90 %. Shaik Mohamad Anas et Vivekanandan (1994a, b) ont aussi identifié trois génotypes tolérant le sel en

analysant les sols salins côtiers. Dans cette étude, la variété V-1 présente la tolérance au sel la plus élevée suivie par AR-10 par comparaison à Mysore local et aux autres variétés.

Les résultats pour le rendement foliaire, le poids de la pousse, la longueur totale de la pousse et la surface foliaire indiquent des différences significatives avec les niveaux de salinité et les variétés testées. Parmi les variétés, V-1 présente le rendement foliaire et les caractères contribuant au rendement les plus élevés avec les traitements témoin et salin et le taux de baisse est moins important que chez les autres variétés. Greenways et Munns (1980) ont rapporté une baisse de la croissance végétative par rapport à la hauteur, à la surface foliaire et au nombre dans des conditions de stress salin. On enregistre une diminution de la surface foliaire chez le mûrier (Agastian et Vivekanandan, 1997b), le maïs (Sharina et Gupta, 1987) et le radis (Ramana et Ramadas, 1978) avec des niveaux de salinité élevée.

Rana (1986) et Singh (1991) ont analysé de manière critique les critères de sélection par rapport à la tolérance au sel chez des plantes de culture et ont conclu que le génotype tolérant présente des indices plus élevés pour le rendement foliaire, les indices de résistance au stress et aussi les résultats variétaux les plus élevés. Dans cette étude, la variété V-1 enregistre les classements les plus élevés pour les trois indices employés ce qui dénote une résistance à la salinité du sol.

L'absorption de sodium en réponse à la salinité augmente avec l'augmentation des niveaux de salinité et de manière plus distincte dans les racines. Comme la racine est l'organe principal confronté directement à la salinité, l'absorption de Na est plus importante et sa translocation vers la feuille demeure faible (Sharma, 1995). Les feuilles accumulent en général plus de K que les racines et la teneur baisse avec la salinité. Parmi les variétés, le rapport K : Na est plus élevé dans toutes les parties de la plante chez V-1 et d'après les indices de tolérance elle est tolérante à la salinité. Gill et Sharma (1994) ont signalé que la teneur en K baisse avec la salinité chez le pois, cependant on observe une teneur plus élevée de K dans les feuilles, comparée à celle des racines. Les expériences chez les variétés de mûrier (Agastian et Vivekanandan, 1997a, b) et chez l'orge (Niazi et coll., 1992) révèlent un ratio K : Na plus élevé dans les feuilles et les pousses comparé à celui des racines, ce qui indique une absorption sélective du K dans les variétés tolérantes le stress salin. Les expériences de Afridi et coll., (1988) et Rogers (2001) ont révélé que les plantes tolérantes la salinité et la soude présentent moins d'accumulation de Na et de Cl et maintiennent leur spécificité pour K compte tenu de leur ratio Na / K plus faible.

D'un point de vue général, cette étude montre que différentes variétés de mûrier répondent différemment aux conditions de stress salin. La variété V-1 s'avère tolérante avec un pourcentage de survie plus élevé, un rendement comparativement plus élevé, un ratio K : Na plus élevé et de plus faibles teneurs en Na et Cl. Cela indique clairement que la tolérance saline s'accomplit par accumulation de K et en évitant le Na et le chlorure. Ainsi, la variété V-1 qui s'avère être relativement tolérante suivie par AR-10 pourrait être cultivée dans les sols salins et pourrait aussi être utilisée dans les futurs programmes de breeding de mise au point de variétés tolérantes la salinité.

POSSIBLE RELATIONSHIP BETWEEN DORSAL CAMPANIFORM SENSILLA IN HEAD SURFACE AND PREFERRED FEEDING POSTURE OF MUGA SILKWORM, *ANTHERAEA ASSAMA* DURING INDOOR REARING

SUDIP DEY^{1*}, SURENDRA SINGH¹, N. J. DHAR², N. BISWAS³, RAHUL CHAKRAVORTY¹, P. K. DAS⁴, D. K. SHARMA⁵ & A. RAGHUVARMAN⁶

1. Electron Microscope Laboratory, Regional Sophisticated Instrumentation Centre, North Eastern Hill University, Bijnai Complex, Laitumkhrah, Shillong 793003, India.
2. Central Silk Board, Muga Seed Production Unit, Nongpoh, Meghalaya, India.
3. Central Silk Board Research Extension Centre, Diphu, Assam, India.
4. Regional Muga Research Station, Boko, Assam, India.
5. Department of Zoology, Gauhati University, Guwahati – 14, India.
6. Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong - 793022, India.

Based on Scanning electron microscopy of head surface architecture and relevant behavioural studies, it is suggested that one of the major factors governing the feeding posture in muga silkworm is the gravity receptor in the form of Dorsal Campaniform sensilla, distributed throughout the head surface. The dorsal campaniform sensillae were found to be about 14-18µ in diameter, round to oval in shape and were arranged in groups of 3-7. At places, dorsal campaniform sensilla was found to occur singly instead of groups. The structure and function of these sensillae in relation to the posture of the worm during feeding is discussed. The study further suggests that besides the abiotic factors such as temperature and humidity, the posture of the worms plays a very important role in achieving success in its feeding during indoor rearing.

Keywords: *Antheraea assama*, SEM, head cuticle, Posture, sensilla.

INTRODUCTION

Antheraea assama, popularly known as “Muga” silk worm is a semi domesticated multivoltine, polyphagous insect having about six broods in a year (Scitz, 1933). The insect is indigenous to Assam and other north-eastern states of India. The environmental conditions during different seasons greatly influence the growth and development of the muga silkworm, pupal weight, cocoon weight, shell weight, fecundity etc. and reelability of the silk (Thangavelu and Sahu, 1986; Yadav and Goswami, 1999).

Out of the six broods of muga silkworm, two are popular for commercial rearings (Thangavelu and Sahu, 1986; Yadav and Goswami, 1999), which are conducted during May-June and October-November. The two seasons, spring (May-June) and Autumn (October-November) are preferred for commercial rearing, because the climatic conditions during the period are favourable for growth and development of muga silkworm.

* Author for correspondence.

However, since the muga silkworm could not be domesticated completely, the commercial rearing is carried out mostly under outdoor conditions subjecting the delicate worms to environmental constraints such as rain, hailstorm and a number of natural predators e. g. birds. Further, due to the compulsion of outdoor rearing, dependence on favourable climatic conditions for the growth and development of the worm is quite high, and hence only two commercial rearings are possible, although the insect has six broods in a year.

Several attempts have been made in the past to rear the worms under indoor condition to overcome the problems associated with outdoor rearing (Thangavelu and Sahu, 1986). However, the success of large-scale indoor rearing was not very encouraging, due to a number of problems. It is obvious that before attempting indoor rearing of muga silkworm, a detailed knowledge about its feeding behaviour, physiology of feeding and digestion, specialization in structural features of associated organs etc. are essential. It is surprising to note that reports on basic studies on muga silkworm are extremely low (Hazarika and Bardoloi, 1998; Dey *et al.*, 1997; Dey, 1999) and probably this lacuna in our knowledge is one of the reasons for less success in any experimentation with the worm, including indoor rearing. A recent study carried out by us showed some unique structural features of the midgut of the worm which is likely to have a direct impact on indoor rearing (Dey *et al.*, 1999).

Preliminary studies on the feeding behaviour of the worm suggests that the rate of feeding, food consumption, particularly at the final instar is very low under indoor rearing. In an attempt to investigate whether or not there exists any structural basis for this low rate of feeding and food consumption of the worm under indoor rearing conditions, detailed ultrastructural studies have been undertaken. As a part of the detailed studies on ultra-structure of the muga silkworm, in relation to its ecophysiology, the present investigation describes the surface architectural features of the head and its associated sensilla in the fifth instar larva in comparison to other semi-domesticated and domesticated silkworm species.

MATERIAL AND METHODS

Head was excised from the fifth instar larva of the muga silkworm, *A. assama* and were fixed in 2.5% glutaraldehyde in 0.1M Sodium cacodylate buffer (pH 7.2–7.4) for 2h at 4° C. The specimens were washed thoroughly (1h) in the same buffer, post-fixed in 1% Osmium tetroxide and were dehydrated in graded series of acetone (30, 50, 70, 80, 90, 95 and 100%). The dehydrated samples were dried in a Samdri-PVT-3 (Tousimis) critical point dryer and were secured horizontally to brass stubs (10 mm dia × 10 mm Height) with double sided sticky tape.

The specimens were coated with gold in a JFC-1100 (Jeol) ion sputter coater and were viewed in the secondary electron emission mode of a JSM-35CF (Jeol) scanning electron microscope operated at 15 KV and at a working distance of 15mm. Five specimens from five different 5th instar larvae were examined. Sensillae were identified based on Schneider (1964), McIver (1975) and Schmidt and Smith (1987).

For comparison of the surface micro-architecture of head of *Antheraea assama* with other domesticated and semi-domesticated silkworms, samples from 5th instar larvae of *Bombyx mori* (domesticated), *Phyllosamia ricini* (domesticated) and *Antheraea proylei* (Semi domesticated) were prepared and viewed in Scanning electron microscope following the same methods used for muga silkworm.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Head surface and associated sensilla:

The general surface of the head in *Antheraea assama* (5th instar larvae) was found to be covered with round or conical protuberances, about 14 to 18 μ in diameter (Figs 1-2). Besides, this, about 10 sensilla trichoidea on each half of the head (right and left) were observed. The sensilla trichoidea was

found to range from 350 to 500 μ in length and from 10 to 15 μ in breadth. Each sensilla trichoidea showed a well developed socket with a diameter ranging from 20 μ to 50 μ . The tip of the sensilla was found to range from 2.5 to 5 μ in width (Fig. 1). The surface of the sensilla trichoidea was found to be porous, indicating their chemoreceptive function (Slifer, 1970). It is well known that sensilla trichoidea can act as contact chemoreceptor or as receptor for volatile phytochemicals (Slifer, 1970). The position of sensilla on the head surface and the flexible nature of the socket suggests that it can act as contact chemoreceptor, while greater length of some of them indicates that this sensilla is capable of receiving chemical information about the micro-environment of the insect and also the volatile phytochemicals from the food plant, from a considerable distance. Although the presence of sensilla trichoidea on the head surface appears to be of significance to the worm, it is not a special feature, since many insects are reported to have this type of sensilla in different parts of the body including head. However, the presence of some very long sensilla trichoidea on the head surface is significant, because that helps the worm to perceive chemical cue of the environment from a considerable distance. It is interesting to note that the length of some of the sensilla trichoidea found on the head surface of *A. assama* (500 μ) was more than the longest sensilla reported in any other insect (Dey, 1999) except the giant sensilla detected in abdominal segments of *A. assama* (Dey, 1999) which was found to be around 1500-2000 μ m in length.



Fig. 1. Scanning electron micrograph of head cuticle showing groups of dome-shaped dorsal campaniform sensilla and long sensilla trichoidea (bar = 100 μ) in *Antheraea assama*.

Fig. 1. Micrographie par balayage électronique de la cuticule de la tête montrant des groupes de sensilla campaniformes dorsales en forme de dôme et de longues sensilla trichoidea (barre = 100 μ) chez *Antheraea assama*.

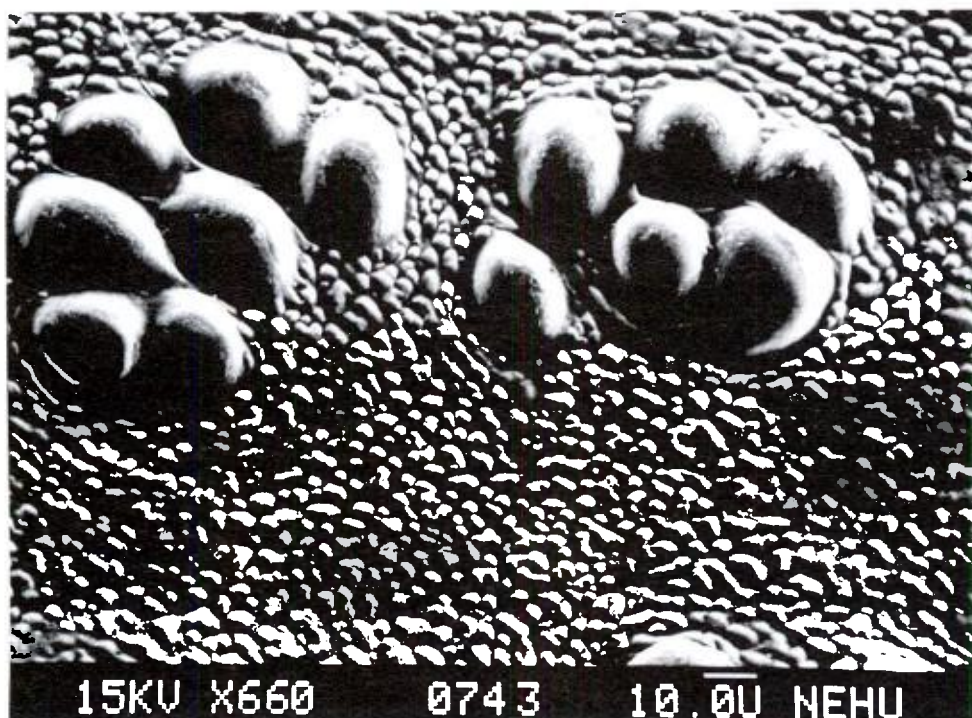


Fig. 2. Enlarged view of groups of dorsal campaniform sensilla of *Antheraea assama* larva (bar = 10 μ).

Fig. 2. Agrandissement de groupes de sensilla campaniformes dorsales chez la larve *Antheraea assama* (barre = 10 μ).

When comparisons were made on the head surface micro-architecture of *A. assama* with domesticated silkworms, e. g. *Bombyx mori* & *Phyllosamia ricini*, the conical protuberances characteristics of the head surface of the muga silkworm, could not be detected in both *Bombyx mori* and *Phyllosamia ricini*. A few sensilla trichoidea could be detected, whose length and breadth were within the normal range reported for other insects (Table I, Figs 3, 4). In contrast, the head surface of the semi-domesticated tasar silkworm was found to be covered with round and conical protuberances about 22 to 34 μ in diameter (Fig 5), similar to those observed on the head surface of the muga silkworm, *Antheraea assama*. Small cuticular spines about 1 μ length and 0.2 μ in breadth (Table I, Fig 5) were also present.

Table I. Distribution pattern and dimension of different cephalic sensory structures in 5th instar larvae of 4 different silkmoth species.

Tableau I. Modèle de distribution et dimension des différentes structures céphaliques sensorielles chez les larves du 5^{ème} âge de 4 espèces différentes de papillons de vers à soie.

Silkmoth species	Name of the sensilla	Distribution Pattern	Length	Breadth	Diameter
<i>Espèce de papillon</i>	<i>Nom de la sensilla</i>	<i>Mode de distribution</i>	<i>Longueur</i>	<i>Largeur</i>	<i>Diamètre</i>
1. <i>Antheraea assama</i>	(i) Dorsal campaniform <i>Sensilla dorsales campaniformes</i>	Throughout the head <i>Sur toute la tête</i>	—	—	14-18 μ
	(ii) Sensilla trichoidea	Edges and centre of head <i>Bords et centre de la tête</i>	350-500 μ	Base = 10-15 μ Tip / Extrémité = 2.5 – 5 μ	Socket / Alvéole = 20 – 50 μ
2. <i>Phyllosamia ricini</i>	Sensilla trichoidea	Edges and centre of head <i>Bords et centre de la tête</i>	150-238 μ	Base = 12.25 μ Tip / Extrémité = 2.5 μ	Socket / Alvéole = 15-50 μ
3. <i>Bombyx mori</i>	Sensilla trichoidea	Central part of head <i>Partie centrale de la tête</i>	100-350 μ	Base = 10-20 μ Tip / Extrémité = 5.6 μ	Socket / Alvéole = 12-20 μ
4. <i>Antheraea proylei</i>	(i) Dorsal Campaniform <i>Sensilla campaniformes dorsales</i>	Throughout the head <i>Sur toute la tête</i>	—	—	22.34 μ
	(ii) Cuticular spines <i>Epines cuticulaires</i>	Throughout the head <i>Sur toute la tête</i>	1-1.5 μ	~ .2 μ	—

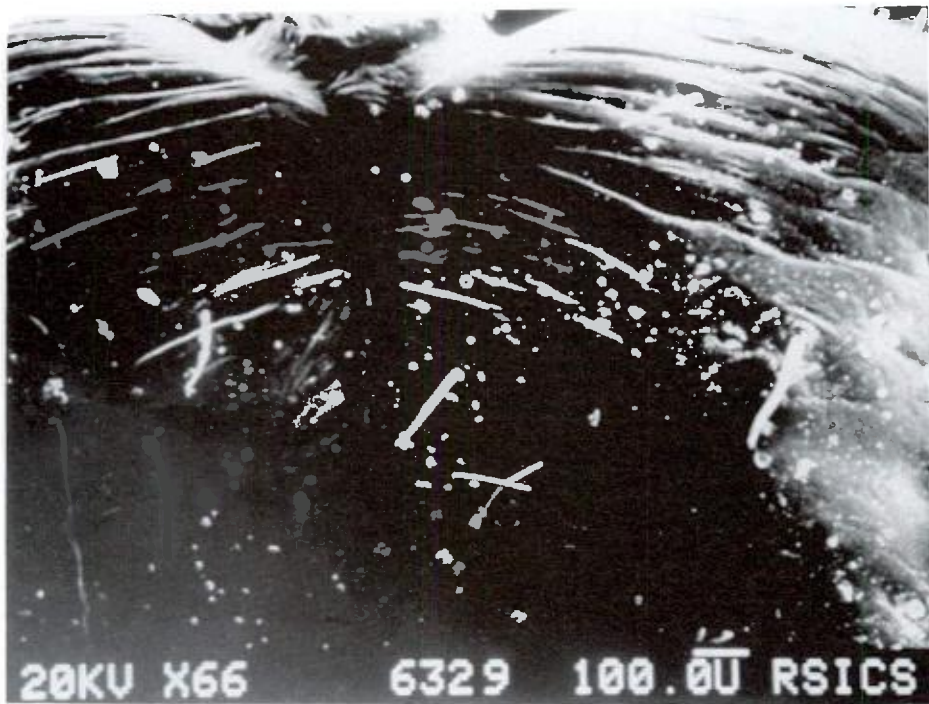


Fig. 3. Scanning electron micrograph of a portion of the head of *Phyllosamia ricini* larvae showing the presence of a few sensilla trichoidea, but total absence of dorsal campaniform sensilla (bar = 100 μ).

Fig. 3. Micrographie au microscope électronique à balayage d'une partie de la tête de larves de *Phyllosamia ricini* montrant la présence de quelques sensilla trichoidea, mais l'absence totale de sensilla campaniformes (barre = 100 μ).

2. Distribution pattern of Dome-shaped Dorsal campaniform sensilla on head surface:

The remarkable feature of the head cuticle of the muga silkworm *Antheraea assama* was the presence of groups of dome-shaped structures similar to dorsal campaniform sensilla reported in other insects. These structures were found to be distributed throughout the entire head surface (Figs 1,2). Each group comprised of 3-7 individual domes, whose size ranged from 14 to 18 μ and the shape varied from circular to oval. The head cuticle of *Bombyx mori* and *Phyllosamia ricini* however, did not exhibit any such dome-shaped structure. In contrast, the head surface of the tasar silkworm, *Antheraea proylei* showed the presence of these structures, although their distribution pattern was somewhat different from that observed in the muga silkworm (Fig 5, Table I).

It is well established that the external components of campaniform sensilla appear as round or oval domes on cuticle surface (Mc Iver, 1975, 1985). These sensilla are reported in many different locations including mouth parts, antennae, wings, legs ovipositor etc (Snodgrass, 1935, Mc Indoo, 1914, 1992; Mc Iver, 1985). It is suggested that compression and stretching of the surroundings result in cuticular stress, to which the dome shaped campaniform sensilla respond (Pearson, 1972; Spinola and Chapman, 1975; Zill and Moran, 1981a). The cuticular stresses are reported to arise from external as well as internal forces, which include frictional resistance between body parts, muscular contraction, loading, contact with external objects, gravity etc (Hustert et al., 1981; Mc Iver, 1985). These stress forces are reported to concentrate in the cuticle of joint regions and that is why campaniform sensilla are found to be associated with articulations of mouth parts, legs, wings etc. In this context, the distribution pattern of groups of dorsal campaniform sensilla throughout the head surface appears to be quite unusual. Since the dorsal campaniform sensilla in muga silkworm are located on the head surface and not in a joint region between head and other body parts, it is quite likely that cuticular stress associated with the sensilla does not arise from external force, since external movement of the head surface components is not possible. In that case, the cuticular stress resulting from compression and stretching of the surroundings due to some internal force or gravity seems to be the only plausible explanation.



Fig. 4. Scanning electron micrograph of a portion, of the head of *Bombyx mori*, larvae showing the absence of dorsal campaniform sensilla and the presence of a few sensilla trichoidea (bar = 1000 μ).

Fig. 4. Micrographie au microscope électronique à balayage d'une partie de la tête de larves de Bombyx mori montrant l'absence de sensilla campaniformes dorsales et la présence de quelques sensilla trichoidea (barre = 1000 μ).

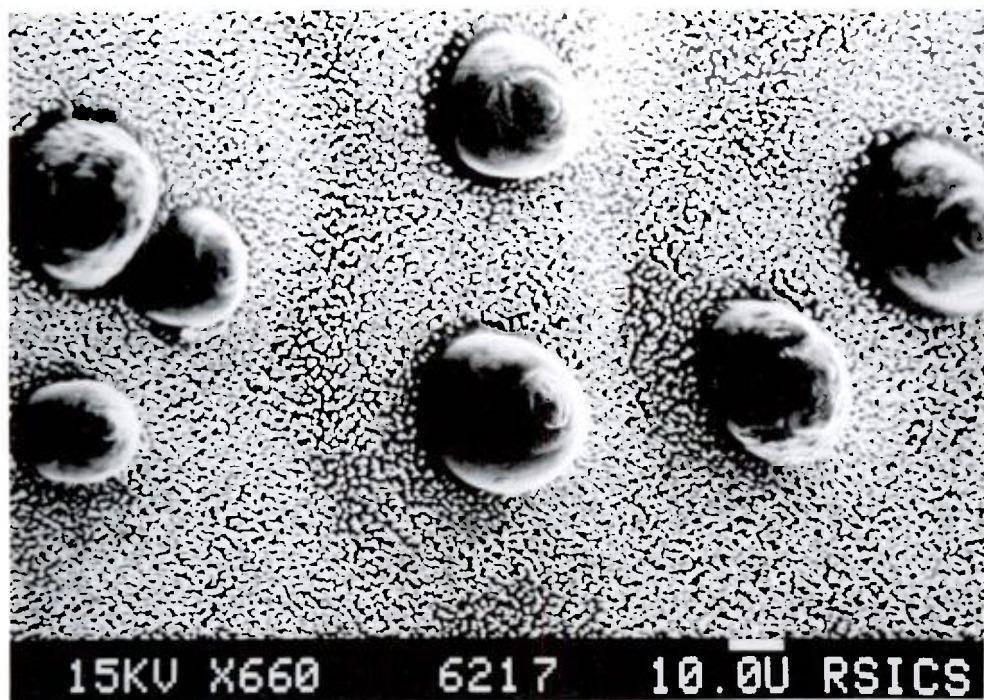


Fig. 5. Scanning electron micrograph of head cuticle of *Antheraea proylei* larvae (5th instar) showing dome-shaped dorsal campaniform sensilla and innumerable cuticular spines (bar = 10 μ).

Fig. 5. Micrographie au microscope électronique à balayage de la cuticule de la tête de larves de *Antheraea proylei* (5^{ème} âge) montrant les sensilla campaniformes dorsales en forme de dôme et des épines cuticulaires innombrables (barre = 10 μ).

3. Size and shape of the Dorsal campaniform sensilla:

Several authors have reported that the size of the sensillum cap is related to the sensitivity of the receptor (Pringle, 1938a; Moran and Rowley, 1975). In locusts, Dorsal campaniform sensilla on leg were found to exhibit differences in cap size related to their distance from the trochanterofemoral articulation (Hustert *et al.*, 1981). In the parasitoid wasp, *Trichogramma minutum*, on the other hand, the campaniform sensilla on the leg were found to be relatively uniform in diameter, suggesting that size dependent effect has not been used. The reason for this was attributed to the fact that larger sensilla would have reduced the structural integrity of the legs (Schmidt and Smith, 1987). In our present observations, the dorsal campaniform sensilla of muga silkworm on the head cuticle was found to be of relatively uniform diameter, similar to those reported in legs of parasitoid wasp, *Trichogramma minutum*. This suggests that the muga silkworms also do not use the size dependent effect of the sensilla, and probably the same explanation as that of *Trichogramma minutum* holds good here for uniformity in size of the sensilla cap.

As far as the shape of the sensilla is concerned, it was observed that in the muga silkworm head cuticle, some of the campaniform sensilla are circular and some are oval (Figs 1, 2). The shape of the sensilla are reported to be responsible for its directional sensitivity, which was first described by Pringles (1938) and later by other workers (Chapman, 1965; Heinzel and Gewecke, 1979; Thurm et al., 1975; Zill and Moran, 1981). In this context, it is important to note that circular campaniform sensilla are known to respond to stresses in all directions, while preferred directions of stimulation's are shown by oval sensilla (Schmidt and Smith, 1987).

4. Detection of vertical loads or gravity:

The location, distribution pattern and concentration of the campaniform sensilla on the head surface of the muga silkworm give enough evidence to suggest that their main function is to detect vertical load, e. g. gravity and serve as a specialised sense organ for load afference.

The presence of dorsal campaniform sensilla throughout the head surface helps the silkworm to maintain their vertical posture as and when required. A correlation between vertical posture and feeding preference supports this view. The interesting point to be noted here is that the silkworms, e. g. *Phyllosamia ricini* and *Bombyx mori* which generally feed in their horizontal posture, did not exhibit dorsal campaniform sensilla on their head cuticle (Figs 3, 4). The semi-domesticated tasar silkworm, which prefers vertical posture during feeding, on the other hand, exhibited well developed dorsal campaniform sensilla on the head surface (Fig 5).

5. Conclusion:

The present study suggests that the groups of dorsal campaniform sensilla detected throughout the head cuticle of the fifth instar muga silkworm larvae are important for gravity reception and vertical posture of the worm. The preference of a vertical posture during feeding suggests that there may be some physiological significance of the posture in generation of the required feeding stimuli. In this context, it is to be noted that the unusual occurrence of widely distributed Dorsal campaniform sensilla on the head surface is likely to be associated with some of internal micro movement to some components of the head, since the presence of dorsal campaniform sensilla indicates the existence of movements of the region adjacent to it (Schmidt and Smith, 1987). In that case, movements and subsequent release of secretory products by brain cells, different components of nervous system or neuro-endocrine system cannot be ruled out. It is worthwhile to mention in this regard that photomechanical and temperature-induced cellular and molecular movements associated with insect nervous system are well acknowledge in literature (Horn, 1985, Dey and Raghu Varman, 1986). Further, association of neuro-secretory cells with mid-gut cells of muga silk worm has been shown by us (Dey et al., 1999).

REFERENCES

- CHAPMAN K. M. (1965) Campaniform sensilla on the tactile spines of the legs of the cockroach. J. Exp. Biol., 42, 191-203.
- DEY SUDIP (1999) Scanning electron microscopic detection of an unusual giant sensilla on the abdominal cuticle of the fifth instar larvae of the muga silkworm, *Antheraea assama*. Micron, 30/4, 339-348.
- DEY, SUDIP, HOOROO, RNK & BISWAS N. (1997) Dendritic organization of prominent sensory structure on the body of the first instar larva of the muga silk moth, *Antheraea assamensis*. Cytobios. 92, 99-110.
- DEY, SUDIP, HOOROO, RNK, BISWAS N., RAGHUVARMAN A. & CHOUDHURY S. (1999) Cellular features of the muga silkworm (*Antheraea assama*, Ww. Lepidoptera : Saturniidae) midgut and its possible impact on indoor rearing. Sericologia, 39(4), 529 – 535.
- HAZARIKA L. K. & BORDOLOI S. (1998) Antennal and mouthpart sensilla of the muga silkworm, *Antheraea assama* (Lepidoptera : Saturniidae), Sericologia, 38(1), 55-63.

- HEINZEL H. G. & GEWECKE M. (1979) Directional sensitivity of the antennal campaniform sensilla in locusts. *Naturwissenschaften* 66, 212-213.
- HORN E., (1985) Gravity. In: *Comprehensive Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology* Vol. 6, Nervous system: Sensory, Kerkut, G. A. and Gilbert L. I. (eds) pp - 557-576, Pergamon Press, Oxford.
- HUSTERT R., PFLUGER H. J. & BRAUNING P. (1981) Distribution and specific central projections of mechano-receptors in the thorax and proximal leg joint of locusts III. The external mechano-receptors: the campaniform sensilla. *Cell Tissue Res.* 216, 97-111.
- Mc INDOO N. E. (1914) The olfactory sense of the honey bee. *J. Exp. Zool.* 16, 265-346.
- Mc INDOO N. E. (1922) The auditory sense of the honey bee. *J. Comp. Neurol.* 34, 173-199.
- Mc IVER S. B. (1975) Structure of cuticular mechano-receptors of arthropods. *A Rev. Ent.* 20, 381-397.
- Mc IVER S. B. (1985) Mechano reception. In *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*, Vol. 6 (Nervous system: sensory) (ed. G. A. Kerkut & L I Gilbert), pp 71-132. Oxford: Pergamon Press.
- MORAN D. T. & ROWLEY J. C. (1975) High voltage and Scanning electron microscopy of the site of stimulus reception of an insect mechano-receptor. *J. Ultrastruct. Res.* 50, 38-46.
- PEARSON K. G. (1972) Central programming and reflex control of walking in the cockroach. *J. exp. Biol.* 56, 173-193.
- PRINGLE J.W.S. (1938) Proprioception in insects. II. The action of the campaniform sensilla on the legs. *J. exp. Biol.* 15, 114-131.
- SCHMIDT J. M. & SMITH J. J. B. (1987) The external morphology of the legs and hair plate system of female *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) *Proc. R. Soc. Lond. B* 232, 333-366.
- SCHNEIDER D. (1964) Insect antennae. *Annual Rev. Entomol.* 9, 103-122.
- SEITZ A. (1933) *The Macrolepidoptera of the world*, Alfred Keren Publishers, Stuttgart, Vol. 10, p.909.
- SLIFER E. H. (1970) The structure of arthropod chemoreceptors. *Annual Rev. Entomol.* 15, 121-142.
- SNODGRASS R. A. (1935) *Principles of Insect Morphology*, New York. Mc Graw Hill.
- SPINOLA S. M. & CHAPMAN K. M. (1975) Proprioceptive indentation of Campaniform sensilla of cockroach legs. *J. comp Physiol.* 95, 257-272.
- 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.
- THURM U., STEDTLER A. & FOELIX R. (1975) Reizwirksame Verformungen der Terminal-strukturen eniers Mechanorezeptors. *Verh. Dt. Zool Ges.* 37-41.
- YADAV G. S. & GOSWAMI B. C. (1999) Correlation and regression studies between different quantitative characters of Muga silkworm *Antheraea assamensis* Helfer during two commercial crops. *Bull. Ind. Acad. Seri.*, 3(2) 12-20.
- ZILL S. N. & MORAN D. T. (1981) The exoskeleton and insect proprioception. I. Responses of tibial campaniform sensilla to external and muscle generated forces in the American cockroach, *Periplaneta americana*. *J. exp. Biol.* 94, 57-75.

RELATION POSSIBLE ENTRE LES SENSILLA CAMPANIFORMES DORSALES SUR LA SURFACE DE LA TÊTE DU VER À SOIE MUGA, *ANTHERAEA ASSAMA* ET LA POSITION DE PRISE DE NOURRITURE PRÉFÉRÉE PENDANT L'ÉLEVAGE À L'INTÉRIEUR

SUDIP DEY^{1*}, SURENDRA SINGH¹, N. J. DHAR², N. BISWAS³, RAHUL CHAKRAVORTY¹, P. K. DAS, D. K. SHARMA & A. RAGHUVARMAN

1. Electron Microscope Laboratory, Regional Sophisticated Instrumentation Centre, North Eastern Hill University, Bijnai Complex, Laitumkhrah, Shillong 793003, Inde.
2. Central Silk Board, Muga Seed Production Unit, Nongpoh, Meghalaya, Inde.
3. Central Silk Board Research Extension Centre, Diphu, Assam, Inde.
4. Regional Muga Research Station, Boko, Assam, Inde.
5. Department of Zoology, Gauhati University, Guwahati – 14, Inde.
6. Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong – 793022, Inde.

La microscopie par balayage électronique de l'architecture de la surface de la tête et des études comportementales adaptées, nous laissent penser que l'un des principaux facteurs gouvernant la position de nourrissage du ver à soie muga est le récepteur de gravité constitué par les sensilla campaniformes dorsales, qui sont distribuées sur la surface de la tête. Nous avons observé que les sensilla campaniformes dorsales font environ 14 à 18 µm de diamètre, sont ovales et rondes et sont disposées en groupes de 3 à 7. A certains endroits, les sensilla campaniformes dorsales sont présentes individuellement plutôt qu'en groupe. Nous présentons la structure et expliquons la fonction de ces sensilla par rapport à la position du ver pendant le nourrissage. De plus, l'étude suggère que non seulement les facteurs abiotiques tels que la température et l'humidité jouent un rôle très important par rapport à la réussite du nourrissage au cours de l'élevage à l'intérieur mais aussi la position des vers.

INTRODUCTION

Antheraea assama, connu sous le nom de ver à soie "muga" est un insecte polyphage polyvoltin semi-domestiqué ayant environ six générations par an (Scitz, 1933). L'insecte est propre à l'Assam et à d'autres états du nord-est de l'Inde. Les conditions environnementales pendant les différentes saisons influencent grandement la croissance et le développement du ver à soie muga, son poids nymphal, le poids du cocon, le poids de la coque, sa fécondité etc., et la dévidabilité de la soie (Thangavelu et Sahu, 1986 ; Yadav et Goswami, 1999).

Sur les six générations du ver à soie muga, deux sont courantes pour les élevages commerciaux (Thangavelu et Sahu, 1986 ; Yadav et Goswami, 1999) qui ont lieu en mai-juin et en octobre-novembre. On préfère les saisons du printemps (mai-juin) et de l'automne (octobre - novembre) pour l'élevage commercial, parce que les conditions climatiques pendant ces périodes sont favorables à la croissance et au développement du ver à soie muga.

* Auteur auquel adresser la correspondance.

Cependant, puisque le ver à soie muga n'a pas pu être complètement domestiqué, l'élevage commercial se réalise à l'extérieur, ce qui expose les vers délicats à des contraintes environnementales telles que la pluie, la galle et certains prédateurs naturels comme les oiseaux. De plus, avec l'élevage à l'extérieur, il y a une dépendance assez élevée par rapport à des conditions climatiques favorables à la croissance et au développement du ver, et par conséquent on ne peut faire que deux élevages commerciaux bien que l'insecte ait six générations par an.

Plusieurs essais ont été faits par le passé pour élever les vers à l'intérieur afin de surmonter les difficultés associées à l'élevage à l'extérieur (Thangavelu et Sahu, 1986). Cependant, les résultats de l'élevage à l'intérieur à grande échelle n'ont pas été très encourageants en raison d'un certain nombre de problèmes. Il est évident qu'avant d'entreprendre l'élevage du ver à soie muga à l'intérieur, il est essentiel d'avoir des connaissances détaillées sur son comportement alimentaire, sur la physiologie de son alimentation et sur sa digestion, sur la spécialisation de son alimentation et de sa digestion et sur la spécialisation des caractères structurels de ses organes associés. Il est surprenant de constater qu'il existe très peu d'études de base sur le ver à soie muga (Hazarika et Bardoloi, 1998 ; Dey et coll., 1997 ; Dey, 1999) et les lacunes dans ce domaine sont probablement l'une des raisons pour lesquelles il y a moins de réussite avec le ver, y compris pour l'élevage à l'intérieur. Une de nos études récentes a montré les caractéristiques structurelles uniques de l'intestin moyen du ver qui ont probablement un impact direct sur l'élevage à l'intérieur (Dey et coll., 1999).

Les études préliminaires sur le comportement alimentaire du ver laissent penser que le taux de consommation alimentaire, particulièrement au dernier âge, est très faible avec l'élevage à l'intérieur. Dans une recherche pour étudier si oui ou non il existe une explication structurelle à ces faibles taux d'alimentation et de consommation alimentaire du ver dans des conditions d'élevage à l'intérieur, nous avons entrepris des études ultrastructurelles détaillées. Cette étude qui fait partie des études détaillées sur l'ultra structure du ver à soie muga, en rapport avec son ecophysiologie, décrit les traits architecturaux de la surface de la tête et des sensilla associées chez la larve du cinquième âge et les compare aux autres espèces de vers à soie domestiqués et semi-domestiqués.

MATERIELS ET METHODES

Les têtes des larves du ver à soie muga *A. assama* du cinquième âge sont excisées et sont fixées dans un tampon de cacodylate de Sodium à 0,1 M et de glutaraldéhyde à 2,5 % (pH 7,2 à 7,4) pendant 2h à 4° C. Les spécimens sont lavés avec soin (1 h) dans le même tampon, post-fixés dans du tetroxide d'osmium à 1 % et sont déshydratés dans une série graduée d'acétone (30, 50, 70, 80, 90, 95 et 100 %). Les échantillons déshydratés sont séchés dans un séchoir à point critique Samdri-PVT-3 (Tousimis) et sont attachés horizontalement à des montants de cuivre (10 mm de dia × 10 mm de hauteur) avec du ruban adhésif à double face.

Les spécimens sont recouverts d'or dans une machine d'enduction d'ions par pulvérisation JFC-1100 (Jeol) et sont observés grâce au mode d'émission électronique secondaire d'un microscope électronique à balayage fonctionnant à 15 KV et à une distance de 15 mm. Cinq spécimens de cinq larves différentes du 5^{ème} âge sont examinés. Les sensilla sont identifiées d'après Schneider (1964), Melver (1975) et Schmidt et Smith (1987).

Pour la comparaison de la surface de la micro-architecture de la tête d'*Antheraea assama* avec d'autres vers à soie domestiqués et semi-domestiqués, nous avons préparé des échantillons de larves de *Bombyx mori* (domestiqué), de *Phyllosamia ricini* (domestiqué) et d'*Antheraea proxylei* (semi domestiqué) du 5^{ème} âge et les avons observés sous un microscope électronique à balayage en suivant les mêmes méthodes que pour le ver à soie muga.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Surface de la tête et sensilla associées :

La surface générale de la tête chez *Antheraea assama* (larves du 5^{ème} âge) s'avère être couverte de protubérances rondes ou coniques d'environ 14 à 18 μ de diamètre (Figs 1-2). En plus de cela, on observe environ 10 sensilla trichoïde sur chaque moitié de la tête (droite et gauche). La sensilla trichoïde fait une longueur de 350 à 500 μ et une largeur de 10 à 15 μ . Chaque sensilla trichoïde présente une cavité bien développée au diamètre compris entre 20 μ et 50 μ . Le bout de chaque sensilla fait de 2,5 à 5 μ de large (Fig. 1). Nous observons que la sensilla trichoïde est poreuse, ce qui indique sa fonction de chémorécepteur (Slifer, 1970). Il est bien connu que la sensilla trichoïde peut agir comme un chémorécepteur de contact ou comme récepteur des substances phyto-chimiques (Slifer, 1970). La position de la sensilla sur la surface de la tête et la nature flexible de la cavité laissent supposer qu'elle peut agir comme chémorécepteur, tandis que la plus grande longueur de certaines indique que cette sensilla est capable de recevoir une information chimique sur le micro-environnement de l'insecte et aussi sur les substances phytochimiques de la plante hôte, à une distance considérable. Bien que la présence de sensilla trichoïde sur la surface de la tête semble être propre au ver, ce n'est pas une caractéristique spéciale, puisque l'on sait que de nombreux insectes ont ce type de sensilla sur différentes parties du corps y compris sur la tête. Par contre, la présence de certaines sensilla trichoïde très longues sur la surface de la tête est significative, parce qu'elles aident le ver à percevoir un signal chimique de l'environnement à une distance considérable. Il est intéressant de noter que la longueur de certaines sensilla trichoïde sur la surface de la tête de *A. assama* (500 μ) est plus longue que la plus longue sensilla rapportée chez n'importe quel autre insecte (Dey, 1999) sauf la sensilla géante détectée sur les segments abdominaux de *A. assama* (Dey, 1999) qui fait 1500 à 2000 μ de long.

Quand nous avons fait des comparaisons entre la micro-architecture de la surface de la tête de *A. assama* et celle de vers à soie domestiqués comme *Bombyx mori* et *Phyllosamia ricini*, nous n'avons pas pu détecter les protubérances coniques caractéristiques de la surface de la tête du ver à soie muga chez *Bombyx mori* et *Phyllosamia ricini*. Nous avons pu détecter quelques sensilla trichoïde dont la longueur et la largeur étaient dans la fourchette normale signalée pour d'autres insectes (Tableau I, Figs 3 et 4). Par contre, nous avons trouvé que la surface de la tête du ver à soie tasar semi-domestiqué est recouvert de protubérances rondes et coniques d'environ 20 à 34 μ de diamètre (Fig. 5), similaires à celles observées sur la surface de la tête du ver à soie muga, *Antheraea assama*. Nous avons aussi trouvé de petites épines cuticulaires d'environ 1 μ de longueur et de 0,2 μ de largeur (Tableau I, Fig. 5).

2. Type de distribution des sensilla campaniformes dorsales en forme de dôme sur la surface de la tête :

Chez le ver à soie muga *Antheraea assama*, la caractéristique remarquable de la cuticule sur la tête est la présence de groupes de structures en forme de dôme semblables aux sensilla campaniformes dorsales que l'on a rapporté chez d'autres insectes. Ces structures sont distribuées sur toute la surface de la tête (Figs 1, 2). Chaque groupe comprend 3 à 7 dômes individuels dont la taille est comprise entre 14 à 18 μ et leur forme est circulaire ou ovale. La cuticule de la tête de *Bombyx mori* et de *Phyllosamia ricini*, ne présente pas de telle structure en forme de dôme. Par contre, ces structures sont présentes sur la surface de la tête du ver à soie tasar, *Antheraea proxylei*, bien que leur mode de distribution soit quelque peu différent de celui qu'on observe chez le ver à soie muga (Fig 5, Tableau I).

Il est de notoriété que les composants externes des sensilla campaniformes apparaissent comme des dômes ronds ou ovales sur la surface de la cuticule (Mc Iver, 1975, 1985). Ces sensilla sont rapportées à de nombreux endroits différents, y compris sur les parties buccales, les antennes, les ailes, les ovipositeurs etc (Snodgrass, 1935, Mc Indoo, 1914, 1992 ; Mc Iver, 1985). Il a été suggéré que la compression et l'étirement des environs entraînent un stress cuticulaire auquel les sensilla campaniformes en forme de dôme répondent (Pearson, 1972 ; Spinola et Chapman, 1975 ; Zill et

Moran, 1981a). Les stress cuticulaires se produisent en raison de forces externes et internes, qui incluent la résistance frictionnelle entre les parties corporelles, la contraction musculaire, la charge, le contact avec des objets externes, la gravité etc. (Hustert et coll., 1981 ; Mc Iver, 1985). Ces forces stressantes sont censées se concentrer sur la cuticule de zones communes et c'est pourquoi on trouve que les sensilla campaniformes sont associées aux articulations des parties buccales, des pattes, des ailes etc... Dans ce contexte, le type de distribution de groupes de sensilla campaniformes dorsales sur l'ensemble de la surface de la tête semble être assez inhabituel. Puisque les sensilla campaniformes dorsales du ver à soie muga sont situées sur la surface de la tête et non sur une zone commune entre la tête et les autres parties corporelles, il est très probable que le stress cuticulaire associé aux sensilla ne vient pas d'une force externe, puisqu'il n'est pas possible qu'il y ait un mouvement externe des composants de la surface de la tête. Dans ce cas, la seule explication plausible semble être que le stress cuticulaire provient de la compression et de l'étirement de l'environnement dus à une force interne ou à la gravité.

3. Taille et forme des sensilla campaniformes dorsales :

Plusieurs auteurs ont signalé que la taille de l'antenne du sensillum est liée à la sensibilité du récepteur (Pringle, 1938a ; Moran et Rowley, 1975). Chez le criquet, il a été observé que les sensilla campaniformes dorsales présentent des différences de taille de l'antenne liées à leur distance par rapport à l'articulation trochanterofémorale (Hustert et coll., 1981). D'autre part, chez la guêpe parasitoïde, *Trichogramma minutum*, on trouve que les sensilla campaniformes sur la patte sont de diamètre relativement uniforme, ce qui laisse supposer qu'il n'y a pas d'effet lié à la taille. On a expliqué que des sensilla plus grandes auraient réduit l'intégrité structurelle des pattes (Schmidt et Smith, 1987). Dans notre étude, nous avons trouvé que le diamètre des sensilla campaniformes dorsales du ver à soie muga sur la cuticule de la tête est relativement uniforme, semblable à celui apparaissant sur les pattes de la guêpe parasitoïde, *Trichogramma minutum*. Cela laisse supposer que les vers à soie muga n'utilisent pas l'effet des sensilla par rapport à la taille et on peut avoir recours à la même explication que pour *Trichogramma minutum* en ce qui concerne l'uniformité de la taille de l'antenne de la sensilla.

En ce qui concerne la forme des sensilla, on observe que certaines des sensilla campaniformes sur la tête de la cuticule du ver à soie muga, sont circulaires et certaines sont ovales (Figs 1, 2). On a rapporté que la forme des sensilla est responsable de sa sensibilité directionnelle, décrite pour la première fois par Pringles (1938) et plus tard par d'autres chercheurs (Chapman, 1965 ; Heinzel et Gewecke, 1979 ; Thurm et coll., 1975 ; Zill et Moran, 1981). Dans ce contexte, il est important de noter que les sensilla campaniformes circulaires sont censées répondre aux stress multi-directionnels tandis que les sensilla ovales ont des directions de stimulation préférées (Schmidt et Smith, 1987).

4. Détection de la charge verticale ou de la gravité :

L'emplacement, le type de distribution et la concentration des sensilla campaniformes sur la surface de la tête du ver à soie muga fournissent assez de preuves pour montrer que leur fonction principale est celle de détection de la charge verticale, c'est à dire de la gravité et qu'elles servent d'organe sensoriel spécialisé pour l'afférence de la charge.

La présence de sensilla campaniformes dorsales sur toute la surface de la tête aide le ver à soie à maintenir sa position verticale quand il en a besoin. La corrélation entre la position verticale et la préférence alimentaire confirme ce point de vue. Il est intéressant de souligner que les vers à soie qui se nourrissent en général en position horizontale c'est à dire *Phyllasamia ricini* et *Bombyx mori* ne présentent pas de sensilla campaniformes sur le cuticule de leur tête (Figs 3, 4). D'autre part, le ver à soie tassar semi domestiqué qui préfère la position verticale pendant l'alimentation présente des sensilla campaniformes dorsales bien développées sur la surface de sa tête (Fig 5).

5. Conclusion :

Notre étude suggère que les groupes de sensilla campaniformes dorsales détectés sur la cuticule de la tête des larves de ver à soie muga du cinquième âge sont importantes pour la réception de la gravité et la position verticale du ver. La préférence de la position verticale au cours de l'alimentation laisse supposer que la position pourrait avoir une signification physiologique pour générer les stimulations alimentaires nécessaires. Dans ce contexte, il faut noter que la présence inhabituelle de sensilla campaniformes dorsales largement distribuées sur la surface de la tête est probablement associée à un micro-mouvement interne de certains composants de la tête puisque la présence de sensilla campaniformes dorsales indique l'existence de mouvements dans la région qui leur est adjacente (Schmidt et Smith, 1987). Dans ce cas, on ne peut pas exclure l'hypothèse de mouvements et de la libération consécutive de produits sécréteurs par les cellules du cerveau, par différents composants du système nerveux ou par le système neuro-endocrinien. Cela vaut la peine de mentionner à cet égard qu'il existe une littérature conséquente sur les mouvements photomécaniques, cellulaires et moléculaires induits par la température associés au système nerveux de l'insecte (Hor, 1985, Dey et Raghu Varman, 1986). De plus, nous avons prouvé qu'il y a une association entre les cellules neuro-sécrétrices et les cellules de l'intestin moyen chez le ver à soie muga (Dey et coll., 1999).

**EFFECT OF PRUNING SCHEDULE ON THE INCIDENCE OF
TRIOZA FLETCHERI MINOR CRAWF. (HOMOPTERA:
PSYLLIDAE) IN PRIMARY TASAR FOOD PLANT,
TERMINALIA ARJUNA BEDD.**

S. P. SHARMA, B. C. PRASAD, RAKESH GUPTA, RAM KISHORE, S. RAI,

B. R. R. P. SINHA & K. THANGAVELU

Central Tasar Research and Training Institute, Piska Nagri, Ranchi- 835 303, Jharkhand (India).

Trioza fletcheri minor, is the major pest of *Terminalia arjuna* Bedd. and *T. tomentosa* W & A which are the primary food plants of Tasar silkworm *Antheraea mylitta* D. by inducing gall throughout the year with a peak period in August (40-50 %) and sporadic occurrence in winter months. The gall is induced by nymph, rendering the leaves unsuitable for silkworm rearing.

The extensive population dynamics studies of *T. fletcheri* minor were carried out for three years with a objective to find out suitable pruning schedule in primary tasar food plants of tasar silkworm *A. mylitta* D. Average changes in gall infestation percentage, number of galls per leaf, number of branches per plant and leaf yield per plant were recorded with different pruning schedules, commencing from first week of March to last week of April at 15 days intervals.

The results indicate that average gall infestation was minimum (9.71%) in plants pruned on 30th April and maximum (16.39%) in plants pruned on 15th April as compared to control (plants pruned on 1st March). However the average number of galls per leaf, average leaf yield per plant and average number of branches per plant were not found significant in different treatments as compared to control. The results also indicate that in *T. arjuna* plants, pruning has influenced the average gall infestation (13.09%) as compared to un-pruned plants (0.72%), whereas in pruned and un-pruned plants, average number of galls per leaf were 0.5 and 0.03 respectively. The interaction between pruning and months showed maximum average gall infestation during July (25.30%) and minimum during September (3.35%), however in un-pruned plants, the corresponding values were not found significant.

Key words: Homoptera, Psyllidae, *Trioza Fletcheri* Minor Crawl.

INTRODUCTION

Psyllids, *Trioza fletcheri* minor Crawl and *Phylloplecta hirsuta* Crawl are serious pests causing 40 - 50% crop loss during peak period (August) in *Terminalia arjuna* Bedd. and *Terminalia tomentosa* W. & A., the primary food plants of tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Thangavelu & Singh, 1991). The gall induced by the nymph of these pests cause foliar damage to the host plants, rendering the leaves unsuitable for silkworm feeding (Mathur, 1975). Pruning and training of tasar food plants have become an integral part of tasar culture. Jolly *et al.* (1974) reported that pollarding of *T. arjuna* and *T. tomentosa* at 6' to 8' height resulted in the higher yield of quality foliage. Prasad *et al.* (1989) found that biennial pruning at 6' height produced maximum leaf yield. Priya Ranjan *et al.* (1991)

concluded that tasar food plants if pruned and trained with respect to proper shape and size, produce maximum quantity of quality leaves and ensure better rearing and cocoon production. Lot of work has been done on the biology of Psyllids (Dhar *et al.* 1988, Singh *et al.* 1992), control measures of gall insects (Singh *et al.* 1989), parasitoids of gall (Singh *et al.* 1995), life table of gall forming Psyllids (Singh and Thangavelu, 1994) and pest management practices (Thangavelu and Singh, 1991, 1994). However, information is not available on the effect of pruning on the incidence of gall on *T. arjuna*, a primary food plant of *A. mylitta* D. Attempts have been made to study the effect of pruning schedules on the incidence of gall on the leaves of *T. arjuna*. Various agro-climatic conditions and agronomical practices like plant spacing, nitrogen application, irrigation, harvesting and pruning methods were reported to influence the occurrence of pests and diseases in various crops (Sharma and Govindaiah, 1991). In the present study emphasis has been given to minimize the gall incidence through suitable and low cost pruning strategies, without the use of chemicals in order to reduce the crop loss and load of insecticides in the forest ecosystem.

MATERIALS AND METHODS

Experiment was statistically designed by using 15 years old *T. arjuna* plantation with 180cm x 180cm spacing. There were four treatments and one control with five replications in randomized block design. From each replication, ten healthy plants were considered for periodical observations. Plants of *T. arjuna* were subjected to 6' pruning at 15 days interval commencing from 1st March- control, 15th March-T1, 30th March – T2, 15th April – T3 and 30 April – T4. First March was considered as control because pruning generally commenced from this time and it is in practice. Separate un-pruned plots with similar replications were maintained in order to compare the gall infestation with that of pruned plots. Observations were recorded on various characters such as average gall infestation percentage and average number of galls per leaf, at one-month interval, commencing from 15th May to 15th September. Average gall infestation percentage and average number of galls per leaf, were computed as per formula given below:

$$\text{Average gall infestation percentage} = \frac{\text{Number of galls infested leaves} \times 100}{\text{Total number of leaves considered}}$$

$$\text{Average number of galls per leaf} = \frac{\text{Total number of galls in the the gall infested leaves}}{\text{Total number of leaves considered}}$$

For the estimation of average gall infestation, ten leaves of each branch were considered and only active galls were taken into consideration. Biomass character such as average number of branches and average leaf yield per plant were estimated during the month of October. Meteorological data on average maximum and minimum temperature, relative humidity and rainfall were recorded. The month wise observation for all parameters for pruned and un-pruned plants was recorded and analyzed using one way and two-way analysis of variance in randomized block design (Kemphorne, 1952, Fisher and Yates, 1963). Bioassay was conducted to find out the effect of different treatments on rearing performance. Effective rate of rearing %, larval weight (g), cocoon weight (g), shell weight (g) and Silk Ratio % were taken into consideration. 500 (100 x 5) each of healthy newly hatched worms of *A. mylitta* D. was brushed on plants of different treatments and rearing was conducted.

RESULTS AND DISCUSSION

The results indicate that the maximum (16.39 %) average gall infestation was recorded in plants pruned on 15th April followed by plants pruned on 15th March (16.12%). Treatment means for gall

infestation percentage was significantly different over control ($P < 0.05$). The minimum (9.71%) average gall infestation was observed on plants pruned on 30th April as compared to control (12.62%). Treatment means for average number of galls per leaf, average numbers of branches per plant and average leaf yield per plant were not found significant (Table I). Further, it was observed that mean difference in pruned and un-pruned plants were significantly different ($P < 0.05$) for average gall infestation percentage and average number of galls per leaf in case of two-way analysis of variance. Consequently it was also seen that month as well as interaction (Package x Month) were significantly different in increasing the incidence of average gall percentage in different pruning schedules as compare to un-pruned plants ($P < 0.05$). Whereas, mean difference of pruned and un-pruned plants for the parameters such as average number of branches per plant and average leaf yield per plant were found non significant in case of one way analysis of variance (Table II). Bioassay of different treatments reveals that the rearing parameters did not vary significantly as compared to control.

Table I. Incidence of gall and productivity character of different pruning schedules in *T. arjuna*.

Tableau I. Incidence de la galle et caractère de productivité avec différents calendriers de taille chez T. arjuna.

Treatments (pruned on)	Average Gall infestation%	Average no. of galls/ leaf	Average no. of branches / Plant	Average leaf yield / Plant (kg)
<i>Traitements (taillés le)</i>	<i>% d'infestation moyen par la galle</i>	<i>Nbre moyen de galles par feuille</i>	<i>Nbre moyen de branches / plant</i>	<i>Rendement moyen en feuilles / plant (kg)</i>
Control / Témoin (1st March / 1 ^{er} mars)	12.62 (3.29)	0.453 (0.946)	3.564	3.240
T1 (15th March / 15 mars)	16.12 (3.72)	0.588 (1.014)	3.462	4.375
T2 (30th March / 30 mars)	10.56 (2.92)	0.349 (0.889)	3.664	3.800
T3 (15th April / 15 avril)	16.39 (3.45)	0.649 (1.009)	2.964	3.400
T4 (30th April / 30 avril)	9.71 (2.61)	0.488 (0.935)	3.162	3.140
CD at 5%	(0.824)	N.S.	N.S.	N.S.

The figures in parenthesis are in square root transformation / Les données entre parenthèses sont les transformations en racine carrée.

Table II. Analysis of variance for different parameters in *T. arjuna*.**Tableau II. Analyse de variance pour différents paramètres chez *T. arjuna*.**

Packages	ANOVA (2 FACTORS)		ANOVA (1 FACTOR)	
	Gall infestation %	Avg. No. of galls / leaf	Avg. No. of branches / plant	Avg. Leaf Yield/plant (Kg.)
Pratiques	ANOVA (2 FACTEURS)		ANOVA (1 FACTEUR)	
	% d'infestation par la galle	Nbre moyen de galles / feuille	Nbre moyen de branches / plant	Rendement moyen en feuilles/ plant (kg)
Pruned (P1) / Taillé (P1)	13.09 (3.464)	0.50 (0.971)	3.16	3.62
Un- pruned (P2) / Non-taillé (P2)	0.72 (1.022)	0.03 (0.725)	3.03	4.18
Months / Mois				
May / mai	5.48 (2.090)	0.19 (0.823)	-	-
June / juin	5.37 (2.124)	0.21 (0.833)	-	-
July / juillet	13.26 (3.093)	0.68 (1.030)	-	-
August / août	8.75 (2.581)	0.21 (0.832)	-	-
September / septembre	1.68 (1.327)	0.03 (0.728)	-	-
Interaction				
P1 x May	10.61 (3.314)	0.36 (0.926)	-	-
P1 x June	9.55 (3.077)	0.34 (0.910)	-	-
P1 x July	25.30 (4.920)	1.33 (1.332)	-	-
P1 x August	16.68 (4.062)	0.400 (0.946)	-	-
P1 x September	3.35 (1.948)	0.062 (0.749)	-	-
P2 x May	0.35 (0.867)	0.018 (0.719)	-	-
P2 x June	1.20 (1.171)	0.078 (0.757)	-	-
P2 x July	1.21 (1.266)	0.028 (0.727)	-	-
P2 x August	0.83 (1.101)	0.015 (0.718)	-	-
P2 x September	0.00 (0.000)	0.00 (0.000)	-	-
CD at 5%:				
Package / Pratique	(0.824)	(0.130)	NS	NS
Months / Mois	(0.824)	(0.130)		
Package x Months Pratique x mois	(1.842)	(0.290)		

The figures in parenthesis are in square root transformation/ Les chiffres entre parenthèses sont les transformations en racine carrée.

Results reveal that average gall infestation percentage was minimum in plant pruned on 30th April (T4 - 9.71%) and maximum in plant pruned on 15th April (T3 - 16.41%). The interaction between pruning and month reveals that average gall infestation was maximum (25.30%) in July (average maximum temperature-27.36 °C, average minimum temperature-21.78 °C, relative humidity 92.35% and rainfall -28.33 cm) and minimum (3.35%) during September (average maximum temperature-27.42 °C, average minimum temperature-20.52 °C, relative humidity 86.63% and rainfall

22.98 cm) however in un-pruned plants the corresponding values were not found significant. Dhar *et al.* (1988) reported that after pruning, the incidence of gall was maximum during July in *T. arjuna* and concluded that pruning encourages qualitative and quantitative leaf growth but unfortunately gall insect took advantages by laying eggs during April-May at the time of sprouting on newly sprouted buds in *T. arjuna*. Singh *et al.* (1992) also stated that the most active period of the Psyllid population coincides with the rainy seasons. Abiotic factors while on one side influenced the sprouting of pruned plants, also induced the gall fly for egg laying creating favorable conditions for gall to multiply and increases their population which adversely affects the leaf quality thereby reducing rearing capacity and consequently the cocoon production (Das *et al.* 1983). Ram Kishore *et al.* (1997) observed that feeding gall infested leaves to tasar silkworm reduces cocoon yield by 20 % in *T. arjuna*.

The observations indicate that if sprouting of leaves in *T. arjuna* is delayed by a month by delaying the pruning it would adversely affect the egg laying period of *T. fletcheri minor* and ultimately decrease the gall infestation as evident from the fact that average infestation of gall is minimum (9.71%) in plant pruned on 30th April (T4). The average number of galls per leaf, average number of branches per plant, average leaf yield per plant and rearing performance parameters did not vary significantly in different treatments which provides ample scope for delaying the pruning in order to minimize the gall infestation in tasar food plants. The data also reveals that average gall infestation was less in un-pruned plant as compared to pruned plants which indicates that pruning should be avoided (if at all pruning is required) for rearing management point of view it should be carried out during the end of April. Therefore the gall infestation in *T. arjuna* could be minimized through cultural and mechanical practices. Singh *et al.* (1992) reported that nymphs of *Trioza sp.* underwent diapause in winter (December - February) and if these gall infested leaves are collected and destroyed, the gall population could be reduced. Gall population could further be reduced by delaying the pruning without use of chemical, which ultimately encourages natural control of the pest.

Therefore it is concluded that gall infestation in *T. arjuna* could be reduced significantly by avoiding pruning and if necessary pruning in the month of April. Further, by adopting the above package the insecticides load in the forest ecosystem could be reduced which has a direct bearing in the natural control of various pests of tasar food plants and tasar silkworm.

REFERENCES

- DAS, P.K., SINGH, R.N. & SENGUPTA, K. (1983) Studies on seasonal incidence of insect population on *Terminalia arjuna* and *T. tomentosa*, *Annual report*, Central Tasar Research & Training Institute, Ranchi, pp. 117-119.
- DHAR, S.L., MONDAL, K.C., SINGH, R.N. & BHENGRA, S. (1988) Gall infestation and its control measures in tropical tasar ecosystem. *Indian Silk*, 27(3): 19-21.
- FISHER, R. A. & YATES, F. (1963) *Statistical table for Biological, Agricultural and Medical research*, Longmen, England, p. 166.
- JOLLY, M. S., SEN, S.K., & AHSAN, M. M. (1974) *Tasar culture* Ambika Publisher, Kakhani Terrace Bombay, p. 102.
- KEMPTHORNE, O. (1952) *The design and analysis of experiments*. John Willey Son Inc., London, p. 63.
- MATHUR, R.N. (1975) *Psyllidae of Indian sub-continent*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, p. 363.
- PRASAD, D. N., KHARE R., PRIYARANJAN, RAM KUMAR & SINHA S.S. (1989) Effect of pruning on the vegetative growth and yield of leaves of *T. arjuna* Bedd. *Proceeding Workshop Plant Production Technology*, Mysore, pp. 8-9.
- PRIYA RANJAN, MD. ISA & THANGAVELU, K. (1991) Pruning of tasar food plants. *Indian Silk*, 30(7): 37-39.

- RAM KISHORE GUPTA, R. BARDAIYAR, V. N. SINHA, B. R. R. P. & SINHA, S. S. (1997) Influence of feeding gall infested tasar leaves on rearing performance of the silkworm *Antheraea mylitta*. Indian J. Seric., 36 (1): 63-64.
- SHARMA, D. D. & GOVINDAIAH (1991). Influence of agronomical practices on disease occurrence in mulberry. Indian Silk, 30(7): 40.
- SINGH, R. MISHRA P. K. & THANGAVELU, K. (1992) Psyllid galls on primary tasar food plants. Indian silk, 31(3): 36-38.
- SINGH, R. N., MANDAL, K. C., CHOWDHARY, C. C. NIGAM, M. P. & SENGUPTA, K. (1989). Evaluation of some insecticides for control of gall insect (Homoptera: Psyllidac) of tasar food plant. Indian J. Seric., 28(1): 90-93.
- SINGH, R.N. & THANGAVELU, K. (1994) Life table studies of the gall forming psyllid *Trioza fletcheri* minor (Psyllidae:Homoptera) on primary tasar food plants. Sericologia, 34(3): 561-566.
- SINGH, R. N. KARNAN, P. & SINHA, S. S. (1995) Record of new hymenopterous parasitoids of gall insects. *Trioza fletcheri* minor. Indian Forester, 121(8): 766-767.
- THANGAVELU, K. & SINGH R. N. (1991) Integrated pest management in tasar culture. Ann. Entomol., 9 (2): 59-65.
- THANGAVELU, K. & SINGH R. N. (1994) Pest management practices in tasar culture: An approach. J. Insect. Sci., 7(2): 121-124.

EFFET DU CALENDRIER DE TAILLE SUR L'INCIDENCE DE *TRIOZA FLETCHERI* MINOR CRAWF. (HOMOPTERA : PSYLLIDAE) CHEZ LA PLANTE HÔTE PRIMAIRE DU TASAR, *TERMINALIA ARJUNA* BEDD.

S. P. SHARMA, B. C. PRASAD, RAKESH GUPTA, RAM KISHORE, S. RAI,
B. R. R. P. SINHA & K. THANGAVELU

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

Trioza fletcheri minor qui est le parasite principal de *Terminalia arjuna* Bedd. et de *T. tomentosa* W. & A., les plantes hôtes primaires du ver à soie tassar *Antheraea mylitta* D., induit la galle pendant toute l'année avec une période de recrudescence en août (40 à 50 %) et une présence sporadique pendant les mois d'hiver. La galle est induite par la nymphe et rend les feuilles impropres à l'élevage du ver à soie.

Des études approfondies sur la dynamique de population de *T. fletcheri* minor ont été réalisées pendant trois ans dans le but de trouver un calendrier de taille adapté chez les plantes hôtes primaires du ver à soie tassar *A. mylitta* D. Nous avons enregistré les changements moyens du pourcentage d'infestation par la galle, du nombre de galles par feuille, du nombre de branches par plant et du rendement en feuilles par plant avec les différents calendriers de taille qui commencent à partir de la première semaine de mars jusqu'à la dernière semaine d'avril à 15 jours d'intervalles.

Les résultats indiquent que l'infestation moyenne par la galle est minime (9,71 %) chez les plants taillés le 30 avril et maximum (16,39 %) chez les plants taillés le 15 avril par comparaison au témoin (plants taillés le 1^{er} mars). Cependant, on ne trouve pas que le nombre moyen de galles par feuille, le rendement foliaire moyen par plant et le nombre moyen de branches par plant soient significativement différents entre les différents traitements et le témoin. Les résultats indiquent aussi que chez les plants de *T. arjuna*, la taille influence l'infestation moyenne par la galle (13,09 %) par comparaison aux plants non taillés (0,72 %) tandis que chez les plants taillés et non taillés, le nombre moyen de galles par feuille est respectivement de 0,5 et 0,03. L'interaction entre la taille et les mois montre une infestation moyenne par la galle maximum en juillet (25,30 %) et minimum en septembre (3,35 %), cependant, on ne trouve pas que les valeurs correspondantes soient significativement différentes chez les plants non taillés.

INTRODUCTION

Les psylles, *Trioza fletcheri* minor Crawl. et *Phylloplecta hirsuta* Crawl. sont des parasites sévères entraînant 40 à 50 % de pertes de récolte pendant la période pic (août) chez *Terminalia arjuna* Bedd. et *Terminalia tomentosa* W. & A., les plantes hôtes primaires du ver à soie tassar, *Antheraea mylitta* D. (Thangavelu & Singh, 1991). La galle induite par la nymphe de ces parasites entraîne des dégâts foliaires sur les plantes hôtes, en rendant les feuilles impropres à la consommation par le ver à soie (Mathur, 1975). La taille et la conduite des plantes hôtes du tassar sont devenues une partie intégrante de l'élevage du tassar. Jolly et coll. (1974) ont signalé que l'ététement de *T. arjuna* et

T. tomentosa à une hauteur entre 1,80 et 2,40 m donne le rendement le plus élevé en feuillage de qualité. Prasad et coll., (1989) ont trouvé qu'une taille biannuelle à 1,80 m donne le rendement maximum en feuilles. Priya Ranjan et coll., (1991) ont conclu que les plantes hôtes du tassar si elles sont taillées et conduites à une hauteur et selon une forme appropriées donnent une quantité maximum de feuilles de qualité et assurent un élevage et une production de cocons meilleurs. De nombreuses études ont été faites sur la biologie des psylles (Dhar et coll., 1988, Singh et coll., 1992), sur les mesures de lutte contre les insectes de la galle (Singh et coll., 1989), les parasitoïdes de la galle (Singh et coll., 1995), les étapes vitales de transformation des psylles en galle (Singh et Thangavelu, 1994) et les mesures de lutte contre les parasites (Thangavelu et Singh, 1991, 1994). Cependant, on ne dispose pas d'information sur l'effet de la taille par rapport à l'incidence de la galle chez *T. arjuna*, la plante hôte primaire de *A. mylitta* D. Nous avons essayé d'étudier l'effet des calendriers de taille par rapport à l'incidence de la galle sur les feuilles de *T. arjuna*. Il a été rapporté que des conditions agro-climatiques et des pratiques agronomiques variées comme l'espacement des plants, l'application d'azote, l'irrigation, les méthodes de cueillette et de taille influencent la présence de parasites et de maladies chez des cultures variées (Sharma et Govindaiah, 1991). Dans cette étude, nous avons mis l'accent sur la minimisation de l'incidence de la galle grâce à des stratégies de taille adaptées et bon marché, sans utilisation de produits chimiques de manière à réduire les pertes de récoltes et la quantité d'insecticides dans l'écosystème forestier.

MATERIELS ET METHODES

L'expérience est conçue statistiquement en utilisant une plantation de *T. arjuna* âgée de 15 ans avec un espacement de 180 cm × 180 cm. Il y a quatre traitements et un témoin avec cinq répétitions selon une conception en blocs aléatoires. Pour chaque répétition, nous prenons 10 plants sains en compte pour les observations périodiques. Les plants de *T. arjuna* sont soumis à une taille à 1,80 m à 15 jours d'intervalle en commençant le 1^{er} mars – témoin, le 15 mars – T1, le 30 mars – T2, le 15 avril – T3 et le 30 avril – T4. Le 1^{er} mars est considéré comme le témoin parce que dans la pratique la taille commence en général à cette période. On conserve des parcelles séparées non taillées avec des répétitions similaires de manière à comparer l'infestation par la galle à celle des parcelles taillées. Nous enregistrons les observations sur des caractères variés tels que le pourcentage moyen d'infestation par la galle et le nombre moyen de galles par feuille, à un mois d'intervalle, du 15 mai au 15 septembre. Le pourcentage d'infestation moyen par la galle et le nombre moyen de galles par feuille sont calculés d'après les formules ci-dessous :

$$\text{Pourcentage d'infestation moyen par la galle} = \frac{\text{Nombre de feuilles infestées par la galle} \times 100}{\text{Nombre total de feuilles considérées}}$$

$$\text{Nombre moyen de galles par feuille} =$$

$$\frac{\text{Nombre total de galles dans les feuilles infestées par la galle}}{\text{Nombre total de feuilles considérées}}$$

Pour l'estimation de l'infestation moyenne par la galle, nous prenons en compte dix feuilles sur chaque branche et nous prenons seulement en compte les galles actives. Les caractères de biomasse tels que le nombre moyen de branches et le rendement moyen de feuilles par plant sont estimés pendant le mois d'octobre. Les données météorologiques sur la température moyenne maximum et minimum, l'humidité relative et les précipitations sont enregistrées. Nous enregistrons et analysons les observations mensuelles par rapport aux paramètres chez les plants taillés et non taillés en utilisant une analyse de variance à un facteur et deux facteurs contrôlés selon une conception en blocs aléatoires (Kempthorne, 1952, Fisher et Yates, 1963). Nous avons réalisé une évaluation biologique pour

observer l'effet des différents traitements sur la performance d'élevage. Le taux effectif d'élevage, le poids larvaire (g), le poids du cocon (g), le poids de la coque (g) et la richesse soyeuse sont pris en considération. Cinq cent (100×5) vers sains nouvellement éclos de *A. mylitta* D. sont levés sur des plants provenant de différents traitements et on procède à l'élevage.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats indiquent que l'infestation maximum par la galle (16,39 %) est obtenue sur les plants taillés le 15 avril, suivis par les plants taillés le 15 mars (16,12 %). Les moyennes des traitements pour le pourcentage moyen d'infestation par la galle diffèrent significativement par rapport au témoin ($P < 0,05$). On observe une infestation minimum par la galle (9,71 %) chez les plants taillés le 30 avril, par comparaison au témoin (12,62 %). Les moyennes de traitement pour le nombre moyen de galles par feuille, le nombre moyen de branches par plant et le rendement foliaire moyen par plant ne s'avèrent pas significativement différentes (Tableau I). Par ailleurs, nous constatons que la différence moyenne entre les plants taillés et non taillés est significativement différente ($P < 0,05$) pour le pourcentage d'infestation moyen par la galle et le nombre moyen de galles par feuille dans le cas d'une analyse de variance avec deux facteurs. Nous constatons aussi que le mois ainsi que l'interaction (mesures $\times$ mois) diffèrent de manière significative en ce qui concerne l'augmentation du pourcentage moyen de la galle avec les différents calendriers de taille par comparaison aux plants non taillés ($P < 0,05$). Par contre, la différence moyenne entre les plants taillés et non taillés pour des paramètres tels que le nombre moyen de branches par plant et le rendement foliaire moyen par plant ne s'avère pas significative avec une analyse de variance à un facteur (Tableau II). L'évaluation biologique avec différents traitements révèle que les paramètres d'élevage ne varient pas de manière significative par comparaison au témoin.

Les résultats révèlent que le pourcentage d'infestation moyen par la galle est minimum chez les plants taillés le 30 avril (T4 – 9,71 %) et maximum chez les plants taillés le 15 avril (T3 – 16,41 %). L'interaction entre la taille et le mois révèle que l'infestation moyenne par la galle est maximum (25,30 %) en juillet (température moyenne maximum : 27,36° C, température minimum moyenne : 21,78° C, humidité relative 92,35 % et précipitations 28,33 cm), et minimum (3,35 %) en septembre (température moyenne maximum 27,42° C, température moyenne minimum 20,52° C, humidité relative 86,63 % et précipitations 22,98 cm) cependant chez les plants non taillés les valeurs correspondantes ne s'avèrent pas significativement différentes. Dhar et coll., (1988) ont signalé qu'après la taille, l'incidence de la galle est maximum en juillet chez *T. arjuna* et ont conclu que la taille encourage la croissance qualitative et quantitative de la feuille mais malheureusement l'insecte de la galle en profite en pondant des œufs en avril–mai au moment de la germination des nouveaux bourgeons de *T. arjuna*. Singh et coll., (1992) ont aussi constaté que la période la plus active de population psylle coïncide avec la saison des pluies. Bien que les facteurs abiotiques influencent d'un côté le débouillage des plants taillés, ils induisent aussi la mouche de la galle à pondre des œufs en créant des conditions favorables de multiplication de la galle et d'augmentation de sa population qui ont un effet néfaste sur la qualité de la feuille, et qui entraînent de ce fait la diminution de la capacité d'élevage et donc de la production de cocons (Das et coll., 1983). Ram Kishore et coll., (1997) ont observé que le nourrissage du ver à soie tasar avec des feuilles infestées par la galle diminue le rendement en cocons d'environ 20 % chez *T. arjuna*.

Nos observations indiquent que le débouillage des feuilles chez *T. arjuna* est retardé d'un mois en retardant la taille, ce qui a un effet néfaste sur la période de ponte des œufs de *T. fletcheri minor* et ce qui réduit finalement l'infestation par la galle comme le prouve le fait que l'infestation moyenne par la galle est minimum (9,71 %) chez les plants taillés le 30 avril (T4). Le nombre moyen de galles par feuille, le nombre moyen de branches par plant, le rendement foliaire moyen par plant et les paramètres de performance d'élevage ne varient pas de manière significative avec les différents traitements, ce qui laisse une marge importante pour retarder la taille de manière à minimiser

l'infestation par la galle chez les plantes hôtes du tasar. Les données révèlent aussi que l'infestation moyenne par la galle est moins importante chez les plants non taillés que chez les plants taillés, ce qui indique qu'il faut éviter la taille, et si la taille est nécessaire du point de vue de l'organisation de l'élevage, elle doit avoir lieu à la fin du mois d'avril. On peut donc minimiser l'infestation par la galle grâce à des méthodes culturales et mécaniques. Singh et coll., (1992) ont signalé que les nymphes de *Trioza* sp. subissent une diapause en hiver (décembre – février) et si on recueille et on détruit ces feuilles infestées par la galle, on peut diminuer la population de galle. On peut réduire encore la population de galle sans utilisation de produits chimiques en retardant la taille, ce qui encourage en fin de compte un contrôle naturel du parasite.

On peut donc conclure que l'infestation par la galle chez *T. arjuna* peut être réduite de manière significative en évitant la taille et en taillant si nécessaire au mois d'avril. De plus, en adoptant les méthodes ci-dessus, cela permet de réduire la quantité d'insecticides dans l'écosystème forestier, ce qui a un effet direct sur la lutte naturelle contre des parasites variés des plantes hôtes du tasar et du ver à soie tasar.

FEED CONVERSION EFFICIENCY OF ELITE BIVOLTINE CSR HYBRIDS SILKWORM *BOMBYX MORI* L. REARED UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

V. K. RAHMATHULLA, H.M.SURESH ,V.B.MATHUR & R.G.GEETHA DEVI

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore- 570008, Karnataka, India.

Nutritional indices and nutritional efficiency parameters of 5th instar larvae of newly evolved bivoltine races CSR2 × CSR4 , CSR2 × CSR5 and CSR18 × CSR19 were studied under different environmental conditions. The nutritional indices parameters like ingesta , approximate digestibility and reference ratio were recorded to be superior when 5th instar larvae were reared under optimum temperature and humidity conditions. In adverse environmental conditions during fifth instar, most of the nutritional efficiency parameters were recorded higher than control. During high temperature and low humidity conditions comparatively high consumption, digestion and utilization of food was observed in new robust race (CSR18 × CSR19). This is an indication of more efficiency of the race to feed and convert into body matter during unfavorable conditions.

Keywords : Nutritional efficiency, environmental condition, ingesta, digesta, new bivoltine hybrid .

INTRODUCTION

Nutritional efficiency is considered important to assess the cost benefit ratio of sericulture practice up to the level of cocoon production. The efficiency of converting the ingested and digested food into the body, cocoon and cocoon shell varies among silkworm races under the influence of season and mulberry varieties (Anantha raman *et al.*, 1995). Nutritional quality as well as environmental conditions have greater impact on regulation over the quantum of ingesta, digesta and digestibility of food among silkworm (Ito,1972). Feed utilization studies of Indian pure races and their hybrids have been extensively conducted by Benchamin and Jolly (1984) ; Naik and Delvi (1987) ; Ramadevi *et al.*, (1992); Anantha raman (1994). Trivedy and Nair (1998) reported that feed conversion efficiency is considered to be an important criterion for evaluating the superiority of silkworm breeds/ hybrids. Recently new productive bivoltine hybrids suitable for cooler climatic conditions as well as new robust bivoltine hybrids suitable for rearing throughout the year in Indian conditions have been evolved and introduced into the field (Basavaraja *et.al.*, 1995 ; Datta *et al.*,1997) . With increase in temperature (20 C– 30 C) leaf silk conversion rate decreases (Ueda and Suzuki, 1967 ; Junliang and Xiaofeng, 1992).In India, Mishra and Upadhaya (1995) and Muniraju *et al.*, (1999) studied the effect of temperature on nutritional efficiency of multivoltine and bivoltine silkworm larvae respectively. The present study has been taken up to assess the effect of different temperature and humidity conditions on feed conversion efficiency of elite bivoltine CSR hybrid races.

MATERIALS AND METHODS

In the present study 2 new productive bivoltine hybrids (CSR2 × CSR4 and CSR2 × CSR5) suitable during the favourable season and one robust bivoltine hybrid (CSR18 × CSR19) which can be reared throughout the year under Indian conditions were utilized. Rearings were conducted as per

the standard package and recommendation (Krishnaswamy, 1978) by providing fresh leaves of V1 mulberry variety.

The feed utilization study was confined to 5th instar larva as 80 -85% of the total leaf is consumed in this instar. On resumption of 5th instar, 50 larvae in three replicates were separated from each hybrid and kept in different temperature and humidity (treatments) conditions in sericatron (environmental chamber with precise and automatic control facilities for uniform maintenance of temperature and humidity) i.e. T1- High temperature (36 °C) and low humidity (40 %), T2 - low temperature (20 °C) and high humidity (90 %) and T3 -optimum temperature (25 °C) and humidity (70 %). Known quantity of fresh mulberry leaves were provided to the silkworm twice a day taking utmost care to maintain the leaf moisture content to the maximum possible extent.

Sample of mulberry leaves used for feeding was placed in separate tray as dummy for dry weight determination of ingesta. Additional larval batches of each hybrid were maintained in parallel to determine the dry weight and for subsequent determination of daily increment in larval weight (Maynard and Loosli, 1962). The healthy larvae were counted daily in replication wise and unequal, unhealthy and dead larvae were removed. The litter was collected carefully on subsequent days of feeding. The excreta and leftover leaf in the litter were manually separated and dried in oven to a constant weight. Observation on dry weight of left over leaf, excreta, larval weight gain, cocoon weight and shell weight were recorded for all the replications of each treatments.

From these data, nutritional indices like ingesta, digesta, approximate digestibility % (AD%), reference ratio (RR), efficiency of conversion of ingesta and digesta (ECI and ECD) to larval body, cocoon and shell and ingesta and digesta per gram (I/g and D/g) of cocoon and shell were worked out by gravimetric method as described by Waldbauer (1968). The experiment was repeated three times and the data were subjected to the analysis of variance to study the interaction between race and different environmental conditions.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the study are presented in Table I and II. The capacity to ingest food varies in different races and within the race under different environmental conditions. Highly significant variation in ingesta was noticed in different races and in different treatments. In all three races maximum ingesta was observed in T2 (Table I) treatment (4.47, 4.45 and 4.18 g respectively for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19). There was no significant difference observed in ingesta of all the three races in between treatment T2 and T3. During high temperature low humidity conditions (T1) highest ingesta of 3.24 g was recorded for the race CSR18 × CSR19.

Significantly high value of digesta was recorded in T3 (optimum temperature and humidity) treatments of all the races except CSR18 × CSR19. In treatment T1 (high temperature and low humidity) maximum digesta (0.972 g) was recorded in CSR18 × CSR19 followed by CSR2 × CSR5 (0.897) and CSR2 × CSR4 (0.850 g). In two productive races when larvae were reared under high humidity and low temperature conditions (T2) digesta was recorded to be low (1.360 and 1.340 g) as compared to the ingesta (Table I). This may be due to the availability of fresh leaves, continuous feeding and because there is no time to digest food. Higher food intake tends to mobilize the gut contents faster and provide less time for enzyme activity and food absorption and making digestive efficiency poor (Waldbauer, 1964).

Approximate digestibility percentage (AD %) is higher in early instar and gradually reduces in 5th instar. Digestibility is affected by nutritional deficiency or imbalanced diet, high content of crude fiber or deficiency of water in the food (Waldbauer, 1964). The higher assimilation efficiency or approximate digestibility is certainly a racial character as higher food intake does not necessarily result in higher digestibility (Magdum *et al.*, 1996). Significant difference in AD % was observed between different treatments of all the races. In all the three races highest AD % was recorded in all the T3 treatments followed by T2 and T1 (Table I). In CSR18 × CSR19 race there was no significant

difference of AD % between the different treatments. This indicates the same assimilation capacity of this race under different environmental conditions. However, in CSR2 × CSR5 and CSR2 × CSR4 there was no significant difference noticed in AD% with T2 treatments, but in CSR18 × CSR19 AD% was significantly low in T2 (28.70 %).

Table 1. Nutritional indices of fifth instar larva of CSR hybrid races reared under different environmental conditions.

Tableau 1. Indices nutritionnels chez les larves de cinquième âge des hybrides CSR élevées dans différentes conditions environnementales.

Hybrids	Treatments	Ingesta (g)	Digesta (g)	Approximate Digestibility (%)	Reference ratio
<i>Hybrides</i>	<i>Traitements</i>			<i>Digestibilité approximative (%)</i>	<i>Ratio de référence</i>
CSR2 × CSR5	T1	3.10	0.897	28.76	1.401
	T2	4.47	1.360	30.42	1.437
	T3	4.38	1.412	32.23	1.475
CSR2 × CSR4	T1	3.04	0.850	27.99	1.392
	T2	4.45	1.340	30.11	1.370
	T3	4.41	1.430	32.44	1.480
CSR18 × CSR19	T1	3.24	0.972	29.93	1.428
	T2	4.18	1.200	28.70	1.400
	T3	3.80	1.190	31.28	1.450
Hybrid / Hybride		** (0.1067)	NS	NS	NS
Treatment / Traitement		** (0.1067)	** (0.0898)	* (1.8996)	* (0.0542)
Race × Trt.		** (0.1848)	* (0.1555)	NS	NS

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

The values in parentheses are Critical difference at 5% / *Les valeurs entre parenthèses sont la différence critique au seuil de 5 %*.

T1 – Temp. 36 °C, Humidity / *Humidité* = 40% ;

T2 – Temp. 20° C, Humidity / *Humidité* = 90 % ;

T3 –Temp. 25° C, Humidity / *Humidité* = 70 %

Table II. Nutritional efficiency parameters of fifth instar larva of CSR hybrid races reared under different environmental conditions.

Tableau II. Paramètres d'efficacité nutritionnelle chez les larves du cinquième âge des hybrides CSR élevées dans différentes conditions environnementales.

Hybrid	Treatments	ECI larva	ECD larva	ECI cocoon	ECD cocoon	ECI shell	ECD shell	I/g cocoon	I/g shell	D/g cocoon	D/g shell
Hybride	Traitements	ECI larve (%)	ECD larve (%)	ECI cocon (%)	ECD cocon (%)	ECI coque (%)	ECD coque (%)	I/g cocon (g)	I/g coque (g)	D/g cocon (g)	D/g coque (g)
CSR2 × CSR5	T1	16.47	56.85	17.77	61.36	8.65	29.86	5.63	11.56	1.63	3.35
	T2	21.45	70.51	17.50	57.54	8.64	28.43	5.71	11.55	1.74	3.51
	T3	20.82	64.58	17.67	54.83	9.58	29.74	5.65	10.43	1.82	3.36
CSR2 × CSR4	T1	15.48	55.29	18.27	65.26	8.94	31.96	5.47	11.17	1.53	3.13
	T2	21.86	72.61	16.91	56.16	8.60	28.57	5.91	11.62	1.78	3.50
	T3	20.90	64.43	16.86	51.98	9.17	28.28	5.92	10.89	1.92	3.53
CSR18 × CSR19	T1	19.13	63.78	18.58	61.93	9.47	31.57	5.38	10.56	1.61	3.17
	T2	21.57	75.16	16.56	57.69	8.50	29.61	6.03	11.76	1.73	3.38
	T3	22.08	70.58	17.97	57.45	9.44	30.18	5.56	10.59	1.74	3.31
Race		NS	**	**	**	**	**	*	**	NS	**
			(0.1125)	(0.1172)	(0.0367)	(0.1130)	(0.1208)	(0.1158)	(0.1313)		(0.1157)
Treatment		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
		(2.8346)	(0.1125)	(0.1172)	(0.0367)	(0.1130)	(0.1208)	(0.1158)	(0.1313)	(0.0909)	(0.1157)
Race × Trt.		NS	**	**	**	**	**	**	**	NS	**
			(0.1948)	(0.2031)	(0.0635)	(0.1957)	(0.2092)	(0.2006)	(0.2274)		(0.2005)

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

The values in parentheses are Critical difference at 5% / *Les valeurs entre parenthèses sont la différence critique à 5 %*.

ECI – Efficiency of conversion of ingesta / *Efficacité de conversion des ingesta*; ECD – Efficiency of conversion of digesta / *Efficacité de conversion des digesta*; I/g Cocoon – ingesta per gram cocoon / *i / g cocon - Ingesta par gramme de cocon* ; I/g Shell – Ingesta per gram shell / *I / g coque - Ingesta g par gramme de coque* ; D/g Cocoon – Digesta per gram cocoon / *D / g cocon / Digesta par g de cocon* ; D/g Shell – Digesta per gram shell / *D / g coque - Digesta par gramme de coque*.

Reference ratio (RR) is an indirect expression of absorption and assimilation of food. It also expresses the ingesta required per unit excreta production. Higher RR values mean high rate of digestion and absorption of food. Reference ratio did not vary significantly in all the three races. In all three races highest RR (Table I) was recorded in the T3 treatments (1.475, 1.480 and 1.450 respectively for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19). In high temperature and low humidity (T1) conditions RR value was recorded maximum in CSR18 × CSR19 (1.428) followed by CSR2 × CSR5 (1.401) and CSR2 × CSR4 (1.392).

The efficiency with which food substance is ingested and converted to larval body matter varied prominently among the hybrids. It was reported that hybrids were more efficient in converting the food to larval body matter (Trivedi and Nair, 1999). In this study ECI to larva % significantly varied in between different treatments with all the three races (Table II). But there was no significant variation in between races. Highest ECI to larva % was recorded in T2 treatment of all the races except CSR18 × CSR19. In T1 treatment ECI to larva % was recorded low when compared to T2 and T3. In high temperature and low humidity conditions (T1) ECI to larva % was high in CSR18 × CSR19 when compared with other two races. ECI and ECD to larva also varied when silkworm was fed with leaves of different mulberry varieties (Anantha raman *et al.*, 1995). The conversion efficiency also varies from sex to sex and it depends on climatic condition.

Significant variation of ECD to larva % was noticed in all the treatments and races. Significantly high value of ECD to larva % was recorded in T2 treatments of all the 3 races. ECD to larva % was recorded significantly high in T2 (75.16 %) treatment of the race CSR18 × CSR19 when compared to other two races.

ECI and ECD to cocoon and shell are the two efficiency parameters which are of paramount importance in practical sericulture (Trivedi and Nair, 1998). These two parameters are the ultimate indices to evaluate the production efficiency of breed/ hybrid in terms of the production of cocoon shell % vis-a-vis the food consumed (Maachi and Katagiri, 1991). Ingesta and digesta are inversely proportional to the efficiency of conversion of ingesta and digesta to cocoon and shell. Highly significant variation of ECI to cocoon % was observed in all the treatments and races. The percentage of ECI to cocoon was higher in T1 treatments of all the races compared to T2 and T3 (Table II). ECI to cocoon percentage was recorded highest (18.58 %) in T1 treatment for the race CSR18 × CSR19. A similar trend was observed in the case of ECD to cocoon % in all the races. ECD to cocoon % was recorded higher in all the T1 treatments (Table II). Lowest value ECD to cocoon % was recorded in T3 treatments of all three races i.e. 54.83 %, 51.98 % and 57.45 % for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19 respectively. Singh and Ninagi (1995) also reported that less food ingested and digested silkworm batches have high ECI and ECD to cocoon and shell. This may be due to the fact that less choice of feed leads to some physiological adaptations to overcome nutritional stress conditions (Nath *et al.*, 1990; Tzenov, 1993).

Significant variation was noticed in ECI to shell % among different treatments and races. Lowest value of ECI to shell % was recorded in T2 treatments of all the races (Table II) and it was recorded as 8.64, 8.60 and 8.50 % for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19 respectively. This may be due to the fact that shell ratio was recorded comparatively low in all the T2 treatments. Leaf-silk conversion rate is composed to three basic factors i.e. digestibility, the ratio of transforming digested food into cocoon and cocoon shell ratio. Significant variation of ECD to shell % was noticed in all the races and treatments. Similar to ECI to shell %, ECD to shell % was also recorded least in T2 treatment for all the races. In all the 3 races maximum ECD to shell % was recorded in T1 treatment.

Ingesta required to produce one gram cocoon significantly varies in different treatments of the same race but there was no significant variation in between races. (Table II). Significantly low value of I/g cocoon was recorded in T1 treatment of all the races (5.63, 5.47 and 5.38 g for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19 respectively). Significant variation of ingesta required to produce one gram of shell was observed in different treatments of the same races. Highest values were recorded in T2 treatment of all the races. This may be due to the low shell weight in this treatment.

Digesta required to produce one gram of cocoon was high in T3 treatments of all the three races studied (Table II). It was recorded as 1.82, 1.92 and 1.74 g for CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 and CSR18 × CSR19 respectively. In all the races T1 treatment recorded low value of digestion to cocoon ratio. But, there was no significant difference in D/ g. cocoon among the races. Digesta required to produce one gram shell varies significantly in all the races and treatments. Low value was recorded in T1 treatment for all three races and least value was recorded in CSR2 × CSR4. Highest value of D/g shell was recorded in T2 treatment in all the races. This is due to the less shell weight recorded in the treatment. Breeds require different quantum of feed under different environmental conditions to produce one gram of body weight into cocoon and shell weight. Similar results were obtained by earlier workers also under different set of conditions with different breeds (Benchamin and Jolly, 1984; Ramadevi *et al.*, 1992; Takano and Arai , 1978).

The experiment results lead to conclude that in all the three races during optimum temperature and humidity conditions most of the nutritional indices parameters of 5th instar larva recorded to be superior when compared to other treatments. But in all the races during unfavorable environmental conditions most of the nutritional efficiency parameters were recorded to be better. During high temperature and low humidity conditions CSR18 × CSR19 race performed well when compared with other two races.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors wish to express their thanks to Mrs Rekha, Assistant Director ,CSR&TI,Mysore for statistical analysis of this paper.

REFERENCES

- ANANTHA RAMAN K. V., MAGADUM S. B. & DATTA R. K. (1994) Feed efficiency of the silkworm , *Bombyx mori* L. Hybrid (NB4D2 × KA). Insect sci. Appl. , 15(2): 111 - 116.
- ANANTHA RAMAN K. V., MALA V. R., MAGADUM S. B. & DATTA R.K. (1995). Effect of season and mulberry varieties on the feed conversion efficiencies of different silkworm hybrids of *Bombyx mori* L. Uttar Pradesh J. Zool., 15(3): 157 – 161.
- BASAVARAJA H.K., NIRMAL KUMAR S., SURESH KUMAR N., MAL REDDY N., KSHAMA GIRIDHAR., AHSAN M. M & DATTA R.K. (1995) New productive bivoltine hybrids, Indian Silk 34 (2) : 5-9.
- ENCHAMIN K.V. & JOLLY M.S. (1984) Studies on ingestion, digestion and conversion efficiency in polyvoltine and bivoltine silkworm breeds (*Bombyx mori* L.). Proc.,III Oriental Entomology Symposium Feb. 21-24, Trivandrum, India , pp 195-206.
- DATTA R.K., BASAVARAJ H.K., SURESHKUMAR N., KISHORKUMAR C.M & NIRMALKUMAR S. (1997) Evolution of robust hybrids of bivoltine silkworm *Bombyx mori* L. for tropics. XVII th congress of the International Sericulture Commission 22-26 April, 1997.
- ITO T. (1972) An approach to nutritional control mechanism in silkworm *Bombyx mori* L. , Israel J. Entomol 7, 1-6.
- JUNLIANG Xu & XIAOFFENG Wu (1992) Research on improvement of efficiency of transforming leaf ingested into silk of the silkworm *Bombyx mori*. International Congress of Entomology, Beijing ,China, Ab. No.169- 003, 623 b
- KRISHNASWAMY S. (1978) New technology of silkworm rearing. Bulletin , CSR&TI,Mysore , India, No.2, pp 1-24.
- MAACHI H. & KATAGIRI K. (1991) Varietal differences in nutritive values of mulberry leaves for rearing silkworm. JARQ, 25(3) : 202-208.
- MAGDUM S.B., RAMADEVI O.K., SHIVA SHANKAR & DATTA R.K. (1996) Nutritional indices in some bivoltine breeds of silkworm *Bombyx mori* L. Indian J.Seric., 35 (2) 95- 98.

- MAYNARD A.L. & LOOSLI K. J. (1962) Animal nutrition. 5th Edn., Mac Graw. Hill Newyork, p 533.
- MISHRA A.B & UPADHAYA V.B (1995) Effect of temperature on the nutritional efficiency of food in multivoltine mulberry silkworm (*Bombyx mori*) larvae. J. Seri., 3 (2) : 50-58.
- MUNIRAJU E., SEKHARAPPA B.M. & RAGHURAMAN R. (1999) Effect of temperature on leaf silk conversion in silkworm *Bombyx mori* L. Sericologia 39 (2) :225-231.
- NATH T., NATH S., SHAMSUDIN M.& RAO G. (1990) Effect of food deprivation on dry matter utilisation, shell and cocoon weight and fecundity of multivoltine silkworm, *Bombyx mori* race Nistari. Indian J. Seri . 29 (2) :174 –181.
- NAIK P. & DELVI M. R . (1987) Food utilization in different races of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : Bombycidae) . Sericologia 27(3) : 391-397.
- RAMADEVI O.K., MAGDUM S.B., SHIVASHANKAR N. & BENCHAMIN K.V. (1992) Evalution of the food utilization efficiency in some polyvoltine breeds of silkworm *Bombyx mori* L. Sericologia 30 (1): 61 –66.
- SINGH G.B. & NINAGI O. (1995) Comparative studies on food utilization efficiency in some silkworm strains under differcnt feeding levels. Sericologia, 35(4): 667-675.
- TAKANO K. & ARAI N. (1978) Studies on the food value on the basis of feeding and cocoon productivity in the silkworm *Bombyx mori* L., Treatment of food intake and cocoon productivity. J. Seric . Sci. Jpn. 47 (2) :134-142.
- TRIVEDI K. & NAIR K . S.(1998) Dietary efficiency and silk productivity. Indian Silk, 36 (9) : 5-7.
- TRIVEDI K. & NAIR K.S (1999) Feed conversion efficiency of improved multi x bivoltine Hybrids of silkworm *Bombyx mori* L Indian J.Seric., 38 (1) : 30-34 .
- TZENOV P . (1993). Study on the food utilization in genetic sex limited breeds for egg and larval traits of the silkworm . *Bombyx mori* L., at moderate, reduced and excess feeding amounts. Sericologia 33 (2) : 247 –256 .
- UEDA S.& SUZUKI K. (1967) Studies on the growth of the silkworm *Bombyx mori* L. –I Chronological changes of the amount of food ingested and digested, body weight and water content of the body and their mutual relationships. Bull. Ser. Sci. Exp. Stat. 22 (1) : 65- 67.
- WALDBAUER G. P. (1964) The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non solanaceous plants by larvae of the tobacco hom worm, *Protoparea sexta* (Lepidoptera : Sphingidae). Entomol. Exp. Appl, 7: 252-259.
- WALDBAUER G. P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. Adv. Insect Physiol. 5 : 229-288.

EFFICACITE DE CONVERSION DE LA NOURRITURE CHEZ DES HYBRIDES BIVOLTINS SUPERIEURS (CSR) DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. ELEVES DANS DIFFERENTES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

V. K. RAHMATHULLA, H. M. SURESH, V. B. MATHUR & R. G. GEETHA DEVI

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

Nous avons étudié les indices nutritionnels et les paramètres d'efficacité nutritionnelle chez des larves du 5^{ème} âge de races bivoltines nouvellement mises au point, CSR2 × CSR4, CSR2 × CSR5 et CSR18 × CSR19 dans des conditions environnementales différentes. Les paramètres pour les indices nutritionnels comme les ingestas, la digestibilité approximative et le ratio de référence sont supérieurs quand les larves du 5^{ème} âge sont élevées dans des conditions optimums de température et d'humidité. Dans des conditions environnementales hostiles pendant le cinquième âge, la plupart des paramètres d'efficacité nutritionnelle sont plus élevés que chez le témoin. Dans des conditions de température élevée et de faible humidité, on observe une consommation, une digestion et une utilisation de nourriture comparativement élevées chez la nouvelle race robuste (CSR18 × CSR19). Cela indique que cette race est plus efficace pour convertir la nourriture en matière corporelle dans des conditions défavorables.

INTRODUCTION

L'efficacité nutritionnelle est considérée importante pour évaluer le rapport coût / bénéfice de la sériciculture jusqu'au stade de la production de cocons. L'efficacité de conversion de la nourriture ingérée et digérée dans le corps, le cocon et la coque varie chez les races de vers à soie en fonction de la saison et des variétés de mûrier (Anantha raman et coll., 1995). La qualité nutritionnelle ainsi que les conditions environnementales ont un impact très important sur la régulation de la quantité d'ingestas, de digesta et de la digestibilité de la nourriture chez le ver à soie (Ito, 1972). Des études détaillées ont été réalisées sur l'utilisation de la nourriture chez des races indiennes pures et chez leurs hybrides par Benchamin et Jolly (1984) ; Naik et Delvi (1987) ; Ramadevi et coll., (1992) ; Anantha Raman (1994). Trivedy et Nair (1998) ont signalé que l'efficacité de conversion de la nourriture est un critère important pour évaluer la supériorité des lignées / hybrides de vers à soie. Récemment, de nouveaux hybrides bivoltins productifs adaptés à des conditions climatiques plus fraîches ainsi que de nouveaux hybrides bivoltins robustes adaptés à un élevage pendant toute l'année dans des conditions indiennes ont été mis au point et introduits sur le terrain (Basavaraja et coll., 1995 ; Datta et coll., 1997). Avec l'augmentation de la température (20° C - 30° C) le taux de conversion de la feuille en soie baisse (Ueda et Suzuki, 1967 ; Junliang et Xiaofeng, 1992). En Inde, Mishra et Upadhaya (1995) et Muniraju et coll., (1999) ont étudié respectivement l'effet de la température sur l'efficacité nutritionnelle des larves de ver à soie polyvoltin et bivoltin. Notre étude a été entreprise pour évaluer l'effet de différentes conditions de température et d'humidité sur l'efficacité de conversion de la nourriture chez des hybrides CSR bivoltins supérieurs.

MATERIELS ET METHODES

Dans cette étude, nous avons utilisé deux nouveaux hybrides bivoltins productifs (CSR2 × CSR4 et CSR2 × CSR5) adaptés à la période favorable et un hybride bivoltin robuste (CSR18 × CSR19) qui peut être élevé pendant toute l'année dans les conditions indiennes. Les élevages sont réalisés d'après les méthodes habituelles et les recommandations (Krishnaswamy, 1978) en apportant des feuilles fraîches de la variété de mûrier V1.

L'étude de l'utilisation de la nourriture se limite aux larves du 5^{ème} âge puisque 80 à 85 % du total des feuilles sont consommées pendant cet âge. Au début du 5^{ème} âge, 50 larves de chaque hybride en trois répétitions sont séparées et conservées dans différentes conditions de température et d'humidité (traitements) dans un sericatron (chambre environnementale avec des installations de contrôle automatique précises pour un maintien uniforme de la température et de l'humidité) c'est à dire T1 – température élevée (36° C) et faible humidité (40 %), T2 – température basse (20° C) et humidité élevée (90 %) et T3 – température (25° C) et humidité (70 %) optimums. Des quantités connues de feuilles de mûrier fraîches sont données aux vers à soie deux fois par jour en prenant le plus grand soin pour maintenir la teneur en humidité de la feuille au niveau le plus élevé possible.

Un échantillon des feuilles de mûrier utilisées pour l'alimentation est placé sur un plateau séparé comme fausse réplique pour la détermination du poids sec des ingestas. Des lots larvaires additionnels de chaque hybride sont maintenus en parallèle pour déterminer le poids sec et pour la détermination ultérieure de l'augmentation quotidienne du poids larvaire (Maynard et Loosli, 1962). Les larves saines sont comptées quotidiennement pour chaque répétition et les larves inégales, en mauvaise santé et mortes sont retirées. On recueille les détritres avec soin les jours qui suivent l'alimentation. Les excréta et le reste de feuilles sont séparés manuellement et séchés dans un four jusqu'à un poids constant. Les observations sur le poids sec du reste de feuilles, les excréta, le gain de poids larvaire, le poids du cocon et le poids de la coque sont enregistrées pour toutes les répétitions de chaque traitement.

D'après ces données, on calcule les indices nutritionnels comme les ingestas, les digesta, le % de digestibilité approximative (% AD), le ratio de référence (RR), l'efficacité de conversion des ingestas et des digesta (ECI et ECD) en poids larvaire, cocon et coque et les ingestas et les digesta par gramme (I/g et D/g) de cocon et de coque selon la méthode de Waldbauer (1968). L'expérience est répétée trois fois et les données sont soumises à une analyse de variance pour étudier l'interaction entre la race et les différentes conditions environnementales.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'étude sont présentés dans les Tableaux I et II. La capacité à ingérer la nourriture varie en fonction des différentes races et à l'intérieur d'une race en fonction des différentes conditions environnementales. On remarque une variation très significative des ingestas avec les différentes races et les différents traitements. Chez les trois races on observe les ingestas maximum avec le traitement T2 (Tableau I) (4,47, 4,45 et 4,18 g respectivement pour CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19). On n'observe pas de différence significative entre le traitement T2 et T3 pour les ingestas chez les trois races. Dans les conditions de température élevée et de faible humidité (T1) le poids d'ingestas le plus élevé de 3,24 g est obtenu pour la race CSR18 × CSR19.

On enregistre une valeur significativement élevée pour les digesta avec les traitements T3 (température et humidité optimum) chez toutes les races sauf CSR18 × CSR19. Avec le traitement T1 (température élevée et faible humidité) on enregistre les digesta maximum (0,972 g) chez CSR18 × CSR19 suivi par CSR2 × CSR5 (0,897) et CSR2 × CSR4 (0,850 g). Chez deux races productives, quand les larves sont élevées avec une humidité élevée et une température basse (T2) on enregistre des digesta faibles (1,360 et 1,340 g) par comparaison aux ingestas (Tableau I). Cela pourrait être dû à la présence de feuilles fraîches, à l'alimentation continue et parce qu'il n'y a pas de temps pour

digérer la nourriture. L'absorption plus élevée de nourriture tend à mobiliser plus rapidement le contenu de l'estomac et laisse moins de temps pour l'activité des enzymes et l'absorption de la nourriture et rend l'efficacité digestive faible (Waldbauer, 1964).

Le pourcentage de digestibilité approximative (AD %) est plus élevé aux premiers âges et baisse progressivement au 5^{ème} âge. La digestibilité est affectée par une carence nutritionnelle ou un régime déséquilibré, un taux élevé de fibres brutes ou le manque d'eau dans la nourriture (Waldbauer, 1964). Une efficacité d'assimilation ou une digestibilité approximative plus élevées sont certainement des caractères raciaux puisque une absorption plus importante de nourriture n'entraîne pas forcément une digestibilité plus élevée (Magdum et coll., 1996). On observe une différence significative pour le % d'AD avec les différents traitements chez toutes les races. Chez les trois hybrides, on enregistre le % AD le plus élevé avec les traitements T3 suivis par T2 et T1 (Tableau I). Chez l'hybride CSR18 × CSR19, il n'y a pas de différence significative pour le % d'AD avec les différents traitements. Cela indique la même capacité d'assimilation de cet hybride dans des conditions environnementales différentes. Cependant, chez CSR2 × CSR5 et CSR2 × CSR4 on ne remarque pas de différence significative pour le % d'AD avec les traitements T2, mais chez CSR18 × CSR19 le % AD est significativement bas avec T2 (28,70 %).

Le ratio de référence (RR) est une expression indirecte de l'absorption et de l'assimilation de la nourriture. Il exprime aussi les ingestas nécessaires par unité de production d'excreta. Des valeurs RR plus élevées signifient un taux élevé de digestion et d'absorption de la nourriture. Le ratio de référence ne varie pas de manière significative pour les trois hybrides. On enregistre le RR le plus élevé (Tableau I) avec les traitements T3 (1,475, 1,480 et 1,450 respectivement pour CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19). Dans des conditions de température élevée et de faible humidité (T1) on enregistre la valeur RR maximum chez CSR18 × CSR19 (1,428) suivi par CSR2 × CSR5 (1,401) et CSR2 × CSR4 (1,392).

L'efficacité avec laquelle la substance alimentaire est ingérée et convertie en matière corporelle varie énormément selon les hybrides. On a signalé que les hybrides sont plus efficaces pour convertir la nourriture en matière corporelle (Trivedi et Nair, 1999). Dans cette étude l'ECI en % larvaire varie de manière significative avec les différents traitements chez les trois hybrides (Tableau II). Mais il n'y a pas de différence significative entre les hybrides. On enregistre l'ECI en % larvaire le plus élevé avec les traitements T2 pour tous les hybrides sauf CSR18 × CSR19. Avec le traitement T1, on enregistre un faible ECI en % larvaire par comparaison à T2 et T3. Dans des conditions de température élevée et de faible humidité (T1) l'ECI en % larvaire est élevé chez CSR18 × CSR19 par comparaison aux deux autres hybrides. L'ECI et l'ECD en larve varient aussi quand les vers à soie sont nourris avec des feuilles de variétés de mûrier différentes (Anantha raman et coll., 1995). L'efficacité de conversion varie aussi d'un sexe à l'autre et en fonction des conditions climatiques.

On remarque une variation significative élevée de l'ECD en % larvaire pour tous les traitements et les hybrides. On enregistre une valeur significativement élevée pour l'ECD en % larvaire avec les traitements T2 chez les 3 races. On enregistre une ECD en % larvaire significativement élevée avec le traitement T2 (75,16 %) chez CSR18 × CSR19 par comparaison aux deux autres hybrides.

L'ECI et l'ECD en cocon et coque sont deux paramètres d'efficacité qui sont d'une importance primordiale d'un point de vue pratique pour la sériciculture (Trivedi et Nair, 1998). Ces deux paramètres sont les indices ultimes pour évaluer l'efficacité de production d'une lignée / hybride en terme de production de % de richesse soyeuse par rapport à la nourriture consommée (Maachi et Katagiri, 1991). Les ingestas et les digestas sont inversement proportionnels à l'efficacité de conversion des ingestas et des digestas en cocons et coques. On observe une variation très significative de l'ECI en % de cocon avec tous les traitements et chez tous les hybrides. Le % d'ECI en cocon est plus élevé avec les traitements T1 chez tous les hybrides comparés à T2 et T3 (Tableau II). On enregistre l'ECI en % de cocon le plus élevé (18,58 %) avec le traitement T1 pour CSR18 × CSR19. On observe une tendance similaire pour l'ECD en % de cocons chez tous les hybrides. On enregistre l'ECD en % de cocon le plus élevé avec les traitements T1 (Tableau II). La valeur la plus faible d'ECD en % de cocon

est obtenue avec les traitements T3 chez les trois hybrides, c'est à dire 54,83 %, 51,98 % et 57,45 % pour CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19 respectivement. Singh et Ninagi (1995) ont aussi signalé que les lots de vers à soie ingérant et digérant moins de nourriture ont un ECI et un ECD élevés en cocon et en coque. Cela pourrait être dû au fait que lorsqu'il y a moins de nourriture cela entraîne des adaptations physiologiques pour surmonter les conditions de stress nutritionnel (Nath et coll., 1990 ; Tzenov, 1993).

On remarque une variation significative de l'ECI en % de coque parmi les différents traitements et hybrides. La valeur la plus faible d'ECI en % de coque est obtenue avec les traitements T2 chez tous les hybrides (Tableau II) et il est respectivement de 8,64, 8,60 et 8,50 % avec CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19. Cela pourrait être dû au fait que l'on enregistre une richesse soyeuse comparativement faible avec tous les traitements T2. Le taux de conversion feuille-soie dépend de trois facteurs de base : la digestibilité et le ratio de transformation de la nourriture digérée en cocon et en richesse soyeuse. On remarque une variation significative de l'ECD en % de coques chez tous les hybrides et les traitements. On enregistre aussi que l'ECD en % de coques, comme l'ECI en % de coques est inférieur avec le traitement T2 pour tous les hybrides. Chez les 3 hybrides, on enregistre l'ECD maximum en % de coques avec le traitement T1. Les ingestas nécessaires pour produire un gramme de cocon varient de manière significative avec les différents traitements pour la même race mais il n'y a pas de variation significative entre les hybrides (Tableau II). On enregistre une valeur significativement faible de 1/g de cocon avec le traitement T1 chez tous les hybrides (5,63, 5,47 et 5,38 g chez respectivement CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19). On observe une variation significative des ingestas nécessaires pour produire un gramme de coque avec les différents traitements pour les mêmes hybrides. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées avec le traitement T2 chez tous les hybrides. Ceci est dû au faible poids de la coque avec ce traitement.

Les digesta nécessaires pour produire un gramme de cocon sont élevés avec les traitements T3 chez les hybrides étudiées (Tableau II). Il est de 1,82, 1,92 et 1,74 g chez respectivement CSR2 × CSR5, CSR2 × CSR4 et CSR18 × CSR19. Chez tous les hybrides, le traitement T1 donne une valeur de digestion faible par rapport au ratio de cocon. Mais, il n'y a pas de différence significative pour les D / g de cocon. Les digesta nécessaires pour produire un gramme de coque varient de manière significative chez tous les hybrides et avec tous les traitements. On enregistre une valeur faible avec le traitement T1 chez tous les hybrides et la valeur la plus faible est enregistrée chez CSR2 × CSR4. La valeur la plus élevée de D / g de coque est obtenue avec le traitement T2 chez tous les hybrides. Cela est dû au poids de coque inférieur enregistré avec ce traitement. Les lignées ont besoin d'une quantité de nourriture différente dans différentes conditions environnementales pour produire un gramme de poids corporel en poids de cocon et poids de coque. Des chercheurs ont déjà obtenu des résultats similaires avec différents types de conditions et différentes lignées (Benjamin et Jolly, 1984 ; Ramadevi et coll., 1992 ; Takano et Arai, 1978).

Les résultats de l'expérience conduisent à conclure que chez les trois hybrides dans les conditions de température et d'humidité optimums, la plupart des paramètres pour les indices nutritionnels chez les larves du 5^{ème} âge sont supérieurs par comparaison aux autres traitements. Mais dans des conditions environnementales défavorables, on enregistre que la plupart des paramètres d'efficacité nutritionnelle sont meilleurs chez tous les hybrides. Dans des conditions de température élevée et de faible humidité CSR8 × CSR19 donne de bons résultats par rapport aux deux autres hybrides.

**DEVELOPMENT AND REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF
ERI SILKWORMS (*SAMIA CYNTHIA RICINI* BOISDUVAL)
FED WITH DISEASED CASTOR LEAVES
(*RICINUS COMMUNIS* L.)**

M. P. SHREE & V. NAGAVENI

Department of Sericulture, Bangalore University, Jnana Bharathi Campus, Bangalore – 560 056,
India.

Studies were conducted on the influence of feeding diseased castor leaves (spot, blight and mixed infections) to eri silkworms on their developmental stages and reproductive performance. The larval and pupal durations, pre-ovi-positional and ovipositional period of female moths, incubation, duration of eggs and total life span of male and female eri silkworms were drastically increased. The post-ovipositional period in females and adult longevity in males and females were decreased. The pupal weight and moth emergence percentage showed a significant reduction in diseased leaves fed ones in comparison with healthy set. The total number of eggs laid by the female moths emerging from cocoons obtained by feeding eri silkworms with leaves affected by mixed infections and blight was significantly decreased. The hatching percentage of the eggs was significantly low due to feeding of diseased leaves. Among the diseased leaves fed eri larvae, an extensive damage was caused by the mixed infections followed by blight and spot. It is therefore, evident that diseased leaves which are inferior in their nutritional status have an adverse impact on the developing stages resulting in poor reproductive performance.

Keywords: Castor, development, diseased leaves, eri silkworms, reproductive performance.

INTRODUCTION

The eri silkworm (*Samia cynthia ricini* Boisduval) is a polyphagous multivoltine and completely domesticated non-mulberry silkworm. The local name "eri" is derived from its primary food plant "era" (= Castor). Like any other crop plant, castor (*Ricinus communis* L.) is also prone to fungal diseases like spot caused by *Cercospora ricinella* Sacc. and Berlese, blight caused by *Alternaria ricini* (Yoshii) Hansf., and mixed infection caused by both *Cercospora ricinella* and *Alternaria ricini* on the same leaf. Such diseased leaves showed changes in various biochemical components when analysed by Shree *et al.*, (1998). They observed a variation (increase or decrease) in the total chlorophyll, chlorophyll "a", chlorophyll "b", chlorophyll "a/b" ratio, amino acids, proline, total proteins, phenols, soluble and reducing sugar contents depending on the pathogen(s). Obviously, post-infectional changes resulted in the inferior quality of castor leaves (Chandra, 1999). Shree *et al.*, (2000) also observed differences in the elemental contents of the healthy and fungal infected castor leaves. When these leaves were fed to eri silkworm larvae, their growth (physiological) and the economic parameters of cocoon were adversely affected (Nagaveni, 2000, Nagaveni *et al.*, 2000). The nutritional quality of leaves is an important aspect, which influences the growth and development of larvae, the resulting pupae and adults. (Fukuda *et al.*, 1963; Takano and Arai, 1978 and Aftab Ahamed *et al.*, 1998). As there is a lack of information on the influence of feeding eri silkworms with

diseased castor leaves, an attempt was made to find out to what extent they affect the developmental stages and the reproductive performance.

MATERIALS AND METHODS

The eri silkworm eggs were procured from Central Eri Research Station, Meghalay and incubated at $24 \pm 2^\circ\text{C}$ for hatching. The rearing method followed was as described by Dayashankar (1982). The eri silkworms were mass reared upto second moult without any treatment. Later, four sets of rearing with fifty worms each were maintained separately and fed with healthy, spot, blight and mixed infections affected castor leaves. The total number of days and hours taken from the time of brushing upto larval maturity was recorded. The eri worms were left to spin separately for 7-8 days. Then, ten cocoons were randomly selected from each treatment and they were cut opened to find out the sexes. The weight of male and female pupae were noted. Again, twenty cocoons were drawn randomly from each treatment and preserved at $24 \pm 1^\circ\text{C}$ temperature and allowed to emerge. The total pupal period was recorded simultaneously until moth emergence. The percentage of moth emergence was calculated by using the standard formula:

$$\text{Moth emergence (\%)} = \frac{\text{No. of moths emerged}}{\text{No. of cocoons kept for emergence}} \times 100$$

The emerged male and female moths were allowed to couple in a tray. Later, males were separated from female moths after ensuring six hours of mating. Among them, five female moths were selected randomly from all the treatments. The pre-oviposition period was noted. Then, they were allowed for oviposition. The fecundity of individual females on subsequent days was noted upto fourth day (Nagalakshamma, 1987). Adult longevity in females and males was also recorded. The total egg output of the females from all treatments was incubated at $24 \pm 1^\circ\text{C}$ temperature for hatching. Finally, the hatching percentage was calculated by using the formula:

$$\text{Hatching (\%)} = \frac{\text{No. of eggs hatched}}{\text{Total no. of eggs laid}} \times 100$$

The rearing was repeated twice and the mean values were taken. Results were analysed statistically applying student's t-test.

RESULTS

The data represented in Table I reveal that the larval, pupal, pre-ovipositional and ovipositional periods were prolonged due to feeding with diseased leaves (spot, blight and mixed infections). But, the post-ovipositional period was reduced. The adult longevity of females and males was again decreased as a result of using diseased castor leaves as food. The incubation period of eggs was also extended. On the whole, the total life span of eri silkworms (female and male) was also increased.

A significant increase was noticed in the incubation period of eggs laid by the moths which emerged from the cocoons harvested from the eri larvae fed with diseased leaves when compared to the control. However, a maximum increase in the number of days was observed in mixed infections affected leaves fed set. There was no significant change in pre-oviposition and oviposition period of female moths which emerged from feeding diseased leaves. The eri silkworms fed with mixed infections affected leaves showed a significant increase with respect to all the parameters except pre-oviposition and oviposition period.

Table I. Duration of developmental stages (days/hours) in eri silkworms fed with healthy and diseased castor leaves.**Tableau I. Durée des stades de développement (jours / heures) chez les vers à soie eri nourris avec des feuilles de ricin saines et malades.**

Parameters	Adult longevity						Total life span			
	Larval period	Pupal period	Female				Male	Incubation period of eggs	Female	Male
			Pre-oviposition	Ovi-position	Post-oviposition	Total period				
Longévité adulte						Durée de vie totale				
Femelle										
Paramètres	Période larvaire D h	Période nymphale D h	Avant la ponte D h	Ponte D h	Après la ponte D h	Période totale D h	Mâle D h	Période d'incubation des œufs D h	Femelle D h	Mâle D h
Healthy (control) <i>Sain (témoin)</i>	23 0 (2.23) ± [1.29]	13 0 (1.41) ± [0.81]	0 5 (0.05) ± [0.02]	5 6 (0.14) ± [0.08]	6 4 (0.78) ± [0.45]	12 5 (0.22) ± [0.13]	9 9 (0.97) ± [5.64]	10 0 (0.35) ± [0.20]	58 5 (2.53) ± [1.46]	55 9 (4.21) ± [2.43]
Spot / <i>Taches</i>	25 4 (1.73) ± [1.00] > {2.4}	15 0 (1.11) ± [0.64] > {2.0}	0 6 (0.07) ± [0.04] > {0.1}	6 1 (0.13) ± [0.07] > {0.19}	5 4 (0.33) ± [0.19] < {1.0}	12 0 (0.35) ± [0.20] < {0.5}	8 5 (0.61) ± [0.35] < {1.4}	12 0* (0.21) ± [0.12] > {2.0}	64 4 (2.20) ± [1.27] > {5.23}	60 9 (3.66) ± [2.11] > {5.0}
Blight / <i>Flétrissure</i>	25 2 (1.16) ± (0.67) > {2.2}	15 0 (0.07) ± [0.40] > {2.0}	0 6 (0.07) ± [0.04] > {0.1}	6 5 (0.27) ± [0.16] > {0.23}	4 6 (0.52) ± [0.30] < {2.0}	11 6 (0.40) ± [0.23] < {0.23}	8 3 (0.18) ± [0.10] < {1.6}	12 0* (1.02) ± [0.59] > {2.0}	63 8 (1.07) ± [0.61] > {4.21}	60 5 (3.16) ± [1.82] > {5.4}
Mixed infections <i>Infestations mélangées</i>	26 9* (0.76) ± [0.44] > {3.9}	16 0* (0.86) ± [0.50] > {3.0}	0 6 (0.01) ± [0.009] > {0.20}	6 6 (0.58) ± [0.34] > {0.23}	3 2* (0.29) ± [0.16] < {2.9}	10 6* (0.33) ± [0.19] < {0.23}	6 5* (0.46) ± [0.26] < {2.4}	15 0* (1.43) ± [0.32] > {5.0}	68 5** (1.60) ± [0.92] > {10.0}	64 4** (2.65) ± [1.53] > {9.5}

D = Days / *Jours*; **h** = hour(s) / *heure(s)*; ** Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*; Values in the parentheses () indicate standard deviation / *Les valeurs entre parenthèses indiquent l'écart type*. Values in the square brackets [] indicate standard error / *Les valeurs dans les crochets indiquent l'intervalle de confiance*; Values in the braces { } indicate difference over healthy (> = more than; < = less than) / *Les valeurs dans les accolades { } indiquent la différence par rapport à ceux qui sont sains (> = supérieur à; < = inférieur à)*.

Table II represents the reproductive performance of adult moths. Here, the eri silkworms fed with blight, mixed infections and spot affected leaves showed a significant decrease in the pupal weight when compared to those of healthy leaves fed ones. Significant reduction was also observed in the moth emergence percentage. The male and female moths that emerged from feeding with mixed infection affected castor leaves were severely affected. They were very weak, small and their wings were crumpled when compared to healthy leaves fed ones (Plate I). The total number of eggs laid by the female moths which emerged from feeding mixed infections and blight affected leaves showed a significant increase but, spot affected leaves fed ones did not show any significance. However, when hatching percentage of eggs was considered, there was no significant change in spot and blight affected leaves fed eri larvae. But, for those fed with mixed infections affected leaves, it was highly significant.

Table II. Reproductive performance of eri silkworms fed with diseased castor leaves.

Tableau II. Performance de reproduction des vers à soie eri nourris avec des feuilles de ricin malades.

Leaves	Pupal weight (g)	Emergence (%)	Average fecundity	Hatching (%)
<i>Feuilles</i>	<i>Poids de la chrysalide (%)</i>		<i>Fécondité moyenne</i>	<i>Éclosion (%)</i>
Healthy (Control) <i>Sain (témoin)</i>	3.08 (0.062) ± [0.036]	99.98 (0.034) ± [0.020]	411.60 (16.862) ± [9.756]	98.56 (5.917) ± [3.420]
Spot / <i>Taches</i>	2.51** (0.036) ± [0.020]	92.07** (0.849) ± [0.490]	386.00** (9.771) ± [5.647]	96.89 (1.789) ± [1.034]
Blight / <i>Flétrissure</i>	1.78** (0.098) ± [0.056]	80.25** (0.478) ± [0.276]	358.00** (8.900) ± [5.144]	93.87 (2.112) ± [1.220]
Mixed infections <i>Infestations mélangées</i>	2.44** (0.051) ± [0.029]	72.18** (1.072) ± [0.619]	271.00** (12.481) ± [7.214]	88.72* (1.862) ± [1.076]

** Significant at 1% level / *Significatif au seuil de 1 %*. * Significant at 5% level / *Significatif au seuil de 5 %*. Values in the parentheses () indicate standard deviation / *Les valeurs dans les parenthèses () indiquent l'intervalle de confiance*.

Values in the square brackets [] indicate standard error / *Les valeurs dans les crochets [] indiquent l'écart type*.

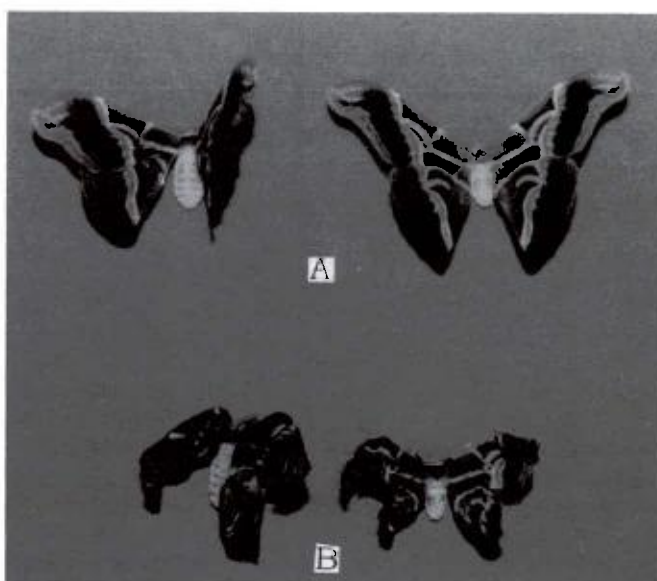


Fig 1. Female and male moths that emerged from feeding:

A. Healthy leaves.

B. Mixed infection affected leaves.

Fig. 1. Papillons femelles et mâles ayant émergé après nourrissage avec :

A. Des feuilles saines.

B. Des feuilles affectées par des infestations mixtes.

Results of the present work (Table I and II) thus reveal that all the parameters studied were adversely affected due to feeding of diseased castor leaves to eri silkworm larvae. Among the three foliar fungal diseases i.e. spot, blight and mixed infections, the mixed infections exhibited a severe effect on the development and reproductive performance of eri silkworms.

DISCUSSION

The results of feeding diseased castor leaves to eri silkworms had an adverse effect on their development and reproduction. Here, the nutritional status of leaves plays a vital role. Nutrition of leaves is the most important growth regulating factor as it indirectly affects the larvae feeding on them. The larvae under low input of nutrients, manage to accumulate a required quantity of the same by extending the larval period in order to maintain the critical level of growth limiting nutrients in their body (Slansky and Feeny, 1977). Prolonged larval duration was due to the low feeding rate, nutritional inadequacy of food or combination of both, leading to poor growth (Waldbauer, 1964). Subsequently, the pupal duration was also increased, but the adult longevity was reduced. The prolongation of the larval period caused an increase in the pupal and a decrease in the adult longevity, which in turn decreased the reproductive potentiality. Increase in the pre-oviposition period resulted in negative effects (Punitham *et al.*, 1987). The oviposition of the resulting moths was influenced by the weight of the female pupae (Gowda *et al.*, 1989 and Govindan *et al.*, 1990). Singh and Prasad (1987) reported a significant positive correlation between the pupal weight and adult longevity in eri silkworms. The moth emergence percentage was less in diseased leaves fed larvae when compared to those of healthy leaves fed ones. This may be attributed to slow growth of pupae which is again due to insufficient nutritious food. The number of eggs in the ovary of female moth depends on its development. A highly significant positive correlation of fecundity with pupal weight has been

demonstrated in sericigenous moth (*Samia cynthia ricini* Boisduval) (Singh and Prasad, 1987; Kotikal *et al.*, 1989 and Govindan *et al.*, 1993). Hatching percentage of the eggs in diseased leaves fed eri silkworms was reduced. This may be due to the embryonic death during the incubation period of the eggs laid by eri moths which emerged from feeding diseased leaves. The production of eggs and the hatching percentage of the larvae may be greatly influenced by the nutritive value of leaves (Srivastava *et al.*, 1981).

Thus, it can be concluded that the nutrition that is obtained during the feeding period has great influence on the growth and development of eri silkworms throughout their life period. It also affects the reproductive potentiality of the moths and resulting eggs. The diseased leaves fed eri silkworms showed a reduction with respect to all aspects of adult parameters when compared with those of healthy leaves fed ones. The present study emphasises that the diseased leaves which are nutritionally poor (Chandra, 1999) should be avoided while feeding eri silkworms, as it influences their growth, development and reproductive capabilities. Compared to spot and blight, mixed infections exerted an adverse influence on the development and reproductive potentiality of eri silkworms. This may be because, in mixed infections, two pathogens (*Cercospora ricinella* and *Alternaria ricini*) are involved. So, obviously their demand for nutrition from the host is more compared to spot (*Cercospora ricinella*) and blight (*Alternaria ricini*) diseases where only one pathogen happens to be the causative agent.

Shree *et al.*, (1998) observed a reduction in the total chlorophyll, chlorophyll "a", chlorophyll "b", chlorophyll "a/b" ratio, amino acids (except proline), total proteins and phenols of castor leaves affected by spot and blight diseases. However, they noticed an increase in the soluble and reducing sugar contents due to pathogen-attack. The nutritional content of diseased castor leaves also varied to different extents depending on the fungal pathogen(s) (Shree *et al.*, 2000). The blight and spot affected castor leaves showed a drastic decrease in the potassium content. Iron, manganese, magnesium, copper and zinc contents were also decreased. But, they observed an increase in the calcium and sodium contents. Other elements i.e. lead, silver, barium, molybdenum, chromium, nickel, antimony, arsenic and bismuth contents either increased or decreased and some of them did not even get affected by the diseases. All these results indicate that the biochemical components of castor leaves is adversely affected when pathogens feed on them. Naturally, it leads to an imbalance resulting in the nutritional inferiority of castor leaves. This may be responsible for the observed poor / slow growth and reproductive performance of eri silkworms as they were fed on diseased leaves in the present work.

REFERENCES

- AFTAB AHAMED C. A., CHANDRAKALA M. V., SHIVAKUMAR C., RAGHURAMAN R. (1998) Food and water utilisation patterns under restricted feeding durations in *Bombyx mori* L. of pure Mysore race. J. Exp. Zool., 1(1), 29-34.
- CHANDRA M. (1999) Post-infectional biochemical changes in the leaves of food plants of eri silkworms. Ph. D. Thesis, Bangalore University, Bangalore.
- DAYASHANKAR K. N. (1982) Performance of eri silkworm *Samia cynthia ricini* Boisduval on different host plants and economics of rearing on castor under Dharwad conditions. M Sc., (Agri.) Thesis, University Agric. Sci., Bangalore.
- FUKUDA T., KAMEGAMA T., MATSUDA M. (1963) A correlation between the mulberry leaves consumed by the silkworm larva in different ages of the larval growth and production of the cocoon fiber spun by the silkworm larva and the eggs laid by the silkworm. Bull. Seric. Exp. Stn., 18(1), 165-171.
- GOVINDAN R., NARAYANA SWAMY T. K., ASHOKA J. (1990) Influence of pupal weight in multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. on some metric parameters. Mysore J. Agric. Sci., 24(4), 499-502.
- GOVINDAN R., NARAYANA SWAMY T. K., ASHOKA J. (1993) Effect of pupal weight in the eri silkworm *Samia cynthia ricini* Boisduval on quantitative traits. Bull. Seric. Res., 4, 77-79.

- GOWDA B.L.V., NARAYANA SWAMY T. K., MUNIRAJAPPA R. (1989) Impact of pupal weight on growth and development of following generations in the silkworm Indian race NB7 (*Bombyx mori* L.), *Sericologia*, 29(4), 481-489.
- KOTIKAL Y.K., REDDY D.N.R., PRABHU A. S., BHAT G. G., PUSHPALATHA S. (1989) Relationship between pupal size and egg production in eri silkworm, *Samia cynthia ricini* (Lepidoptera: Saturniidae) *Indian J. Seric.*, 28(1), 80-82.
- NAGALAKSMAMMA K. (1987) Investigation on some aspects of seed technology in Eri silkworm *Samia cynthia ricini* Boisduval. M. Sc., (Agri.) Thesis, Univ. Agric. Sci., Bangalore.
- NAGAVENI V. (2000) Effect of feeding eri silkworms with diseased castor leaves on their growth and development. M. Sc., Dissertation, Bangalore University, Bangalore.
- NAGAVENI V., SHREE M. P., RAVI KUMAR K. (2000) Effect of feeding eri silkworms with diseased castor leaves on the economic parameters of cocoon. National Conference on Strategies for Sericulture Research and Development, 2000, Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, Abstract No. NMSPP/P-6, PP.90.
- PUNITHAM M. T., HANIFFA M.A., ARUNACHALAM S. (1987) Effect of mating duration on fecundity and fertility of eggs in *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae) *Entomon*, 12(1), 5-58.
- SHREE M. P., CHANDRAMMA M., VENKATESH C. M. (1998) Changes in the biochemical contents of castor leaves affected by fungal diseases. *Sericologia*, 38(3), 493-503.
- SHREE M. P., CHANDRA M., RAVI KUMAR K. (2000) Nutritional content of healthy and diseased leaves of castor and papaya, the food plants of Eri silk moth, *Samia ricini* Donovan. *Bull. Ind. Acad. Seric.*, 4(2), 84-90.
- SINGH Y. R., PRASAD B. (1987) Correlation among body weight, pupal weight and fecundity in eri silkworm, *Philosamia ricini* Hutt (Lepidoptera, Saturniidae) *Sericologia*, 27(1), 49-60.
- SLANSKY J. F., FEENY P. (1977) Stabilisation of rate of nitrogen accumulation by larvae of cabbage butterfly on wild and cultivated food plants. *Ecol. Monogr.*, 47, 209-228.
- SRIVASTAVA A. D., MISRA S. D., POONIA F. S. (1981) Effect of food deprivation on eri silkworm. *Indian J. Seric.*, 21-22, 11-15.
- TAKANO K., ARAI N. (1978) Studies on the food value on the basis of feeding and cocoon productivity in the silkworm, *Bombyx mori* L. The amount of food intake and cocoon productivity. *J. Seric. Sci., Japan*, 47(1), 134-142.
- WALDBAUER G. P. (1964) The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan) (Lepidoptera: Sphingidae) *Entomol. Exp. Appl.*, 21(A), 254-260.

DEVELOPPEMENT ET REPRODUCTION DES VERS A SOIE ERI (*SAMIA CYNTHIA RICINI* BOISDUVAL) NOURRIS AVEC DES FEUILLES DE RICIN (*RICINUS COMMUNIS* L.) MALADES

M. P. SHREE & V. NAGAVENI

Department of Sericulture, Bangalore University, Jnana Bharathi Campus, Bangalore – 560 056, Inde.

Nous avons réalisé des études sur l'influence de l'alimentation avec des feuilles de ricin malades (tache, flétrissure et infestations mixtes) sur les étapes nymphale et la performance de reproduction des vers à soie eri. Les durées larvaire et nymphale, la durée de la ponte et avant la ponte des papillons femelles et l'incubation, la durée de vie des œufs, la durée de vie totale des vers à soie eri mâles et femelles augmentent radicalement. La durée après la ponte chez les femelles et la longévité adulte des mâles et des femelles baissent. Le poids de la chrysalide et le pourcentage d'émergence des papillons baissent de manière significative chez les lots nourris avec des feuilles malades par comparaison aux lots sains. Le nombre total d'œufs pondus par les papillons femelles émergeant des cocons obtenus en nourrissant les vers à soie eri avec des feuilles affectées par des infections mixtes et la flétrissure baisse de manière significative. Le taux d'éclosion des œufs est significativement plus faible avec l'alimentation avec des feuilles malades. Chez les larves eri nourries avec des feuilles malades, les infections mixtes entraînent des dégâts considérables suivies par la flétrissure et la tache. Il est donc évident que les feuilles malades, dont le statut nutritionnel est inférieur, ont un effet nocif sur les stades de développement et donnent de mauvaises performances de reproduction.

INTRODUCTION

Le ver à soie eri (*Samia cynthia ricini* Boisduval) est un ver à soie non-mûrier complètement domestiqué polyvoltin et polyphage. Son nom local "eri" vient de sa plante hôte primaire, "era" (= ricin). Comme n'importe quelle autre plante de culture, le ricin (*Ricinus communis* L.) est aussi sujet à des maladies fongiques comme la tache causée par *Cercospora ricinella* Sacc. et Berlese, la flétrissure causée par *Alternaria ricini* (Yoshii) Hansf., et des infections mélangées causées sur la même feuille à la fois par *Cercospora ricinella* et *Alternaria ricini*. Shree et coll., (1998) ont observé des changements des divers composants biochimiques de ces feuilles malades. Ils ont observé une variation (augmentation ou baisse) de la chlorophylle totale, de la chlorophylle "a", de la chlorophylle "b", du rapport chlorophylle "a/b", des acides aminés, de la proline, des protéines totales, des phénols, de la teneur en sucres solubles et réducteurs en fonction du (des) pathogène(s). Evidemment, les changements post-infectieux donnent des feuilles de ricin de qualité inférieure (Chandra, 1999). Shree et coll., (2000) ont aussi observé des différences en teneurs élémentaires entre les feuilles de ricin saines et celles infectées par des champignons. Quand on alimente les larves de vers à soie eri avec ces feuilles, leur croissance (physiologique) et les paramètres économiques du cocon sont affectés de manière négative (Nagaveni, 2000, Nagaveni et coll., 2000). La qualité nutritionnelle des feuilles est un aspect important, qui influence la croissance et le développement des larves, des chrysalides et des adultes qui en résultent (Fukuda et coll., 1963 ; Takano et Arai, 1978 et Aftab Ahamed et coll., 1998). Comme on ne dispose pas assez d'information sur l'influence de

l'alimentation des vers à soie eri avec des feuilles de ricin malades, nous avons essayé de découvrir à quel degré cela affecte les stades de développement et la performance de reproduction.

MATERIELS ET METHODES

Les œufs de ver à soie eri sont obtenus auprès de la Central Eri Research Station, Meghalay et on les incube à $24 \pm 2^\circ \text{C}$ pour qu'ils éclosent. La méthode d'élevage suivie est celle décrite par Dayashankar (1982). Les vers à soie eri sont élevés en masse jusqu'à la seconde mue sans aucun traitement. Plus tard, quatre lots d'élevage avec cinquante vers chacun sont maintenus séparément et nourris avec des feuilles de ricin saines et affectées par la tache, la flétrissure et des infections mélangées. On enregistre le nombre total de jours et d'heures à partir de la levée jusqu'à la maturité larvaire. On laisse les vers eri filer séparément pendant 7 à 8 jours. Puis, dix cocons sont sélectionnés de manière aléatoire pour chaque traitement et on les ouvre pour connaître le sexe. Le poids des chrysalides mâle et femelle est enregistré. On prélève à nouveau vingt cocons de manière aléatoire pour chaque traitement, on les conserve à $24 \pm 1^\circ \text{C}$, puis on les laisse émerger. Simultanément, on enregistre la durée totale de la période nymphale jusqu'à l'émergence du papillon. Le pourcentage d'émergence de papillons est calculé en utilisant la formule habituelle :

$$\text{Emergence de papillon (\%)} = \frac{\text{Nbre de papillons ayant émergé}}{\text{Nbre de cocons conservés pour l'émergence}} \times 100$$

On laisse les papillons mâles et femelles ayant émergé s'accoupler sur un plateau. Plus tard, on sépare les mâles des papillons femelles après leur avoir laissé six heures pour l'accouplement. On sélectionne cinq papillons femelles de manière aléatoire sur tous les traitements. Nous enregistrons la durée de la période avant la ponte. Puis, on les laisse pondre. On enregistre la fécondité des femelles individuelles les jours qui suivent jusqu'au quatrième jour (Nagalakshamma, 1987). Nous enregistrons aussi la longévité adulte des femelles et des mâles. La production totale d'œufs des femelles provenant de tous les traitements est incubée à une température de $24 \pm 1^\circ \text{C}$ pour qu'ils éclosent. Finalement, nous calculons le pourcentage d'éclosion en utilisant la formule :

$$\text{Pourcentage d'éclosion} = \frac{\text{Nbre d'œufs ayant éclos}}{\text{Nbre total d'œufs pondus}} \times 100$$

L'élevage est répété deux fois et on prend les valeurs moyennes. Les résultats sont analysés de manière statistique en utilisant le test-t de Student.

RESULTATS

Les données présentées dans le Tableau I révèlent que les durées larvaire, nymphale, la durée de la ponte et avant la ponte augmentent avec une alimentation à base de feuilles malades (tache, flétrissure et infections mélangées). Mais, la durée de la période après la ponte diminue. La longévité adulte des femelles et des mâles baisse encore quand on utilise des feuilles de ricin malades comme nourriture. La durée d'incubation des œufs augmente aussi. Dans l'ensemble, la durée de vie totale des vers à soie eri (femelles et mâles) augmente aussi.

On remarque une augmentation significative de la durée d'incubation des œufs pondus par les papillons qui émergent des cocons nourris avec des feuilles malades par comparaison au témoin. Cependant, on observe l'augmentation maximum du nombre de jours chez le lot nourri avec des feuilles affectées par des infections mixtes. Il n'y a pas de changement significatif de la durée avant la ponte et de la durée de la ponte chez les papillons femelles ayant été nourris avec des feuilles de

ricin malades. Les vers à soie eri nourris avec des feuilles affectées par des infections variées présentent une augmentation significative de tous les paramètres sauf de la durée avant la ponte et de la ponte.

Le Tableau II présente la performance de reproduction des papillons adultes. Les vers à soie eri nourris avec des feuilles affectées par la flétrissure, des infections mélangées et la tache présentent une baisse significative du poids de la chrysalide par comparaison à ceux nourris avec des feuilles saines. On observe une baisse significative du pourcentage d'émergence des papillons. Les papillons mâles et femelles qui émergent après avoir été nourris avec des feuilles de ricin affectées par des infections variées sont sévèrement touchés. Ils sont très faibles, petits et leur ailes sont froissées par comparaison à ceux qui sont nourris avec des feuilles saines (Figure 1). Le nombre total d'œufs pondus par les papillons femelles ayant été nourris avec des feuilles affectées par des infestations mélangées et la flétrissure augmente de manière significative mais il n'est pas significatif pour les feuilles affectées par la tache. Cependant, quand on prend en compte le taux d'éclosion des œufs, il n'y a pas de changement significatif entre les larves eri nourries avec des feuilles affectées par la tache et par la flétrissure. Mais, pour celles qui sont nourries avec des feuilles affectées par des infestations mixtes, il est très significatif.

Les résultats de cette étude (Tableau I et II) révèlent donc que tous les paramètres étudiés sont affectés de manière négative quand les larves de vers à soie eri sont nourries avec des feuilles de ricin malades. Parmi les trois maladies fongiques foliaires, c'est à dire, la tache, la flétrissure et les infections mélangées, les infections mélangées ont un effet sévère sur le développement et la performance de reproduction des vers à soie eri.

DISCUSSION

Les résultats de l'alimentation des vers à soie eri avec des feuilles de ricin malades ont un effet néfaste sur leur développement et leur reproduction. Dans ce cas, l'état nutritionnel des feuilles joue un rôle vital. La nutrition avec les feuilles est le facteur le plus important de régulation de la croissance puisqu'il affecte indirectement les larves qui s'en nourrissent. Les larves qui reçoivent un faible apport en nutriments, arrivent à accumuler la quantité nécessaire en allongeant leur durée larvaire de manière à maintenir le niveau en nutriments limitant la croissance corporelle au seuil critique (Slansky et Feeny, 1977). La prolongation de la durée larvaire est due au faible taux d'alimentation, à l'inadéquation de la nourriture ou aux deux, ce qui entraîne une mauvaise croissance (Waldbauer, 1964). Par la suite la durée nymphale augmente aussi mais la longévité adulte diminue. La prolongation de la durée larvaire entraîne une augmentation de la longévité de la chrysalide et une baisse de la longévité adulte, qui à leur tour diminuent le potentiel reproductif. L'augmentation de la durée de la période avant la ponte entraîne des effets négatifs (Punitham et coll., 1987). La ponte des papillons en résultant est influencée par le poids de la chrysalide femelle (Gowda et coll., 1989 et Govindan et coll., 1990). Singh et Prasad (1987) ont rapporté une corrélation positive significative entre le poids de la chrysalide et la longévité adulte des vers à soie eri. Le pourcentage d'émergence de papillons est inférieur chez les animaux nourris avec des feuilles malades par comparaison à celles nourries avec des feuilles saines. Cela pourrait être attribué à la lenteur de la croissance des chrysalides qui est à son tour due au manque de nourriture nutritive. Le nombre d'œufs dans l'ovaire du papillon femelle dépend de son développement. On a démontré une corrélation positive très significative entre la fécondité et le poids nymphal chez le papillon séricigène *Samia cynthia ricini* Boisduval (Singh et Prasad, 1987 ; Kotikal et coll., 1989 et Govindan et coll., 1993). Le pourcentage d'éclosion des œufs de vers à soie nourris avec des feuilles malades baisse. Cela pourrait être dû à la mort embryonnaire des œufs pondus par les papillons eri qui émergent après l'alimentation avec des feuilles malades au cours de la période d'incubation. La production d'œufs et le taux d'éclosion des œufs pourraient être grandement influencés par la valeur nutritive des feuilles (Srivastava et coll., 1981).

Ainsi, on peut conclure que la nutrition pendant la période d'alimentation a une influence importante sur la croissance et le développement des vers à soie eri au cours de leur vie. Cela a aussi un effet sur le potentiel de reproduction des papillons et sur les œufs qui en résultent. Les vers à soie eri nourris avec des feuilles malades présentent une baisse de tous les paramètres adultes par comparaison à ceux qui sont nourris avec des feuilles saines. Cette étude souligne le fait qu'il faut éviter les feuilles malades qui sont pauvres sur le plan nutritionnel (Chandra, 1999) quand on nourrit les vers à soie eri, car cela influence leur croissance, leur développement et leurs capacités de reproduction. Par comparaison à la tache et à la flétrissure, les infections mixtes exercent une influence plus néfaste sur le développement et le potentiel reproducteur des vers à soie eri. Cela pourrait être dû au fait qu'avec les infections mélangées, deux pathogènes (*Cercospora ricinella* et *Alternaria ricini*) sont impliqués. Donc, évidemment, leur demande nutritionnelle envers l'hôte est plus importante par comparaison aux maladies de la tache (*Cercospora ricinella*) et de la flétrissure (*Alternaria ricini*) seules où il y a seulement un pathogène responsable.

Shreet et coll., (1998) ont observé une baisse de la chlorophylle totale, de la chlorophylle "a", de la chlorophylle "b", du rapport chlorophylle "a/b", des acides aminés (sauf la proline), des protéines totales et des phénols dans les feuilles de ricin affectées par les maladies de la tache et de la flétrissure. Cependant, ils ont observé une augmentation des teneurs en sucres solubles et réducteurs due à l'attaque des pathogènes. La teneur nutritionnelle des feuilles de ricin varie aussi en fonction du (des) pathogène(s) fongique(s) (Shree et coll., 2000). Les feuilles affectées par la flétrissure et la tache présentent une baisse radicale de la teneur en potassium. Les teneurs en fer, manganèse, magnésium, cuivre et zinc baissent aussi. Mais, ils ont observé une augmentation de la teneur en calcium et en sodium. D'autres éléments comme la teneur en plomb, en argent, en baryum, en molybdène, en chrome, en nickel, en antimoine, en arsenic et en bismuth augmentent ou baissent et certains ne sont même pas affectés par les maladies. Tous ces résultats indiquent que les composants biochimiques des feuilles de ricin sont affectés de manière négative quand des pathogènes s'en nourrissent. Naturellement, cela entraîne un déséquilibre qui entraîne une infériorité nutritionnelle des feuilles de ricin. Cela est probablement responsable de la croissance et de la performance de reproduction mauvais / lents que l'on observe dans cette étude chez les vers à soie eri nourris avec des feuilles malades.

PHENOTYPIC VARIATION IN MULBERRY (*MORUS* SPP.) GERMPLASM

A. TIKADER* & A. ANANDA RAO

Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur 635 109, Tamil Nadu, India.

Phenotypic diversity was recorded in 328 (212 indigenous and 116 exotic) mulberry germplasm samples procured from diverse geographical origins maintained at the Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur, Tamil Nadu, India during 1995-1997. The data were recorded on morphology, anatomy, floral biology and growth attributes. The accessions were grouped based on morphological variation. Likewise, the quantitative data on anatomical, reproductive and growth attributes were analysed. The results indicated a wide range of variability. The detailed study on phenotypic variability will help the breeder's in selection of parents for the breeding programmes and subsequently in the development of highly productive varieties.

Keywords: Mulberry germplasm, phenotypic variation, morphology, anatomy, reproductive biology and growth attributes.

INTRODUCTION

In India, sericulture is being practised in various environments which require location specific mulberry varieties. For developing improved mulberry varieties a large quantity of germplasm is required to be collected and conserved. Very little work has been done in sericulturally advanced countries like Japan, China and Italy to conserve, characterise and evaluate temperate mulberry accessions (Cappelozza *et al.*, 1995, 1996; Katsumata, 1972). But the collection and conservation of germplasm do not provide scope for utilization until it is characterised, evaluated and documented in a systematic manner. Characterisation mostly deals with taxonomical aspects to identify the existing materials as well as collection. Evaluating and grouping of land races of a crop of a certain region is helpful for the study of the evolutionary relationships in line with the history of the crop in that region and also helpful for crop improvement to make crosses between apparently unrelated genotypes. Furthermore, screening, documenting and storing of germplasm allows efficient utilization. The whole process may be conducted in three major steps i.e. descriptive recording, systematic characterisation and empirical testing (Chang, 1976).

Moreover, estimates of genetic diversity and relationship between germplasm collections are very useful for facilitating efficient germplasm collection and management (Rabbani *et al.*, 1998). Many tools are now available for studying variability and the relationship among accessions like isozyme and various molecular markers. However, phenotypic characterisation is the first step in the description and classification of the germplasm (Smith and Smith, 1989).

Therefore, the present study was aimed at characterising mulberry germplasm for its morphological, anatomical, floral biology and growth attributes to determine the diversity and classify it in a purposeful manner for further utilisation in crop improvement programmes.

* Corresponding author

MATERIALS AND METHODS

Plant material:

A total of 328 mulberry accessions (212 indigenous and 116 exotic) were used for the present study. The germplasm is being maintained at the Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur 635 109, Tamil Nadu, India (12.45° N and 77.51° E and altitude of 942 m above mean sea level under tropical climatic conditions). The average rainfall ranges from 700-1000 mm per annum with maximum temperature 34° C and minimum 12° C. The indigenous accessions were collected from 19 states of India whereas exotic accessions were collected from 25 countries i. e., Afghanistan, Australia, Bangladesh, Burma (Myanmar), China, Cyprus, Egypt, France, Hungary, Indonesia, Italy, Japan, Pakistan, Papua New Guinea, Paraguay, Philippines, Portugal, Russia, South Korea, Spain, Thailand, Venezuela, Vietnam and Zimbabwe.

The germplasm plantation was maintained under 2.44 × 2.44 m with 4 plants per accession as small trees and randomly planted with control plants. The maintenance of germplasm was followed as per the procedure practised in other countries like Japan and China (Machii *et al.*, 1999; Machii *et al.*, 2001). Cultural practices were followed as per recommended norms. The plants were pruned at 1.5m crown height following two prunings per year for data recording. When the plantation attained two years of growth, it was pruned and subsequently data were recorded for various characters following the standard procedures (Jolly and Dandin, 1986; Machii *et al.*, 1997; Tikader *et al.*, 1995; Tikader *et al.*, 2000) during 1995-1997.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION

Morphology:

After pruning, the morphological data on 22 characters were recorded visually and the accessions were graded as per set descriptors. Qualitative data were recorded on visual observations (ordinal scale) for 3 plants per accession.

Anatomy:

When the plants attain three months of growth after pruning, fully expanded leaves (5th – 7th position) in descending order from the top of a shoot were collected in the morning at 10-11 a.m. in polyethylene bags. Small rectangular pieces were taken out from the middle portion of the leaf blade avoiding veins and veinlets (Metcalf & Chalk, 1979) and preserved in FAA (Formalin 5 ml, Glacial acetic acid 5 ml and 70% Ethanol 90 ml) solution. The stomatal and idioblast studies were conducted by taking thin layer of Wimbley's quickfix impression on the abaxial (lower) and adaxial (upper) surface of the leaf respectively and observed under a Leica Leitz DMRB microscope. The freshly collected leaves were peeled from ventral surface and mounted on a slide with 2 % potassium iodide iodine (KI + I) solution covered with coverslip and examined under microscope immediately. The stomatal size (length and breadth) was measured with the help of ocular micrometer attached to the microscope and value was converted by conversion factor. Stomata and idioblast was counted per unit area and frequency per sq. mm and area was calculated (Tikader *et al.*, 1999; Tikader and Rao, 2001).

Reproduction:

Observations on sex expression was carried out in normal flowering season (spring) as well as after pruning of plants from January through March – May. Sex expression was recorded as male, female (unisexual or dioecious group), bisexual (male and female sex organ on flower in one plant i.e., complete flower), monoecious (male and female sex organ in separate catkin or same catkin in one plant). To estimate pollen stainability, which is an indication of pollen fertility, male catkin from field grown plants were dehisced over a glass slide stained in a drop of 2% acetocarmine and covered

with a cover slip. After 5 minutes, the percentage of plump fully stained grain was determined (Hussain and Williams, 1997; Tikader, 1999; Tikader *et al.*, 1999; Tikader *et al.*, 2000). Other flower data were recorded from catkin itself. Sorosis characters were recorded after ripening of fruits.

Growth attributes:

The data on growth attributes were recorded for 16 parameters after 90 days of pruning from 3 plants per accession following the standard procedures (Machii *et al.*, 1997; Vijayan *et al.*, 1997).

Data analysis:

Data on 22 morphological, 14 anatomical, 26 reproductive and 16 growth traits were recorded based on set descriptor, format of characterisation and evaluation of mulberry genetic resources (Jolly and Dandin, 1986; Machii *et al.*, 1997). Qualitative data were recorded on visual observation (ordinal scale) and for quantitative data, measurement was taken and 3 replications were used for data analysis. For qualitative characters, the accessions were grouped into frequency classes and for quantitative, general statistics were employed following standard procedures to measure the diversity among the accessions.

RESULTS

A great extent of variation for morphological characters was observed. The accessions were grouped into different categories and the frequency of distribution is presented in Table I. Branching nature was grouped into 4 categories and semi-erect branching was observed more followed by erect, spreading and drooping. Young shoot colour varied from green to greenish brown and maximum accessions grouped into green colour (177) whereas minimum was in greenish brown (3). Mature shoot colour showed maximum brown colour (84) and minimum in green colour (1). The phyllotaxy indicates the arrangement of leaf on a stem which ranges from 1/2 to 2/5. Maximum accessions grouped in the mixed type (132) where the combination of other phyllotaxy is available. Stipule duration and nature also grouped the accessions into different categories.

Leaf morphological variability is presented in Table II. Leaf lobation type grouped the accessions from unlobed to deep lobed and maximum accessions fall under unlobed group (185) whereas minimum in deep lobed (140). Leaf lobation number varies from 0–15, where no lobation accession are more (185). Leaf nature indicates homophyllous to heterophyllous, leaf colour green to deep green, leaf surface smooth to rough, leaf texture membranous to coriaceous, leaf apex acute to caudate, leaf margin serrate to repand, leaf base cordate to lobate and leaf shape ovate to wide ovate.

Leaf anatomical parameters revealed a wide range of variability among different characters in indigenous and exotic accessions (Table III). Maximum variability was observed in stomata size (mm^2) which ranges from (123.53–604.60). Maximum size of stomata was observed in indigenous rather than exotics. Stomata frequency (mm^2) was more in indigenous (242.00–337.00) than exotic (329.00–333.00). Idioblast length (μm) is a more fluctuating character and more variation was observed in exotic (2.02–81.20) than in indigenous (1.89–66.60). Idioblast width (μm) and frequency (mm^2) showed a similar trend both in exotic and indigenous accessions. Palisade and spongy layer thickness (μm) were found more in exotic than indigenous. Subsequently, the palisade – spongy ratio also followed a similar trend in indigenous (0.90–3.00) and exotic (0.56–2.30). Upper cuticle layer thickness (μm) is more in exotic whereas lower cuticle layer thickness (μm) in indigenous accession. Upper epidermis layer (μm) indicates more variability in exotic (10.23–42.90) than in indigenous (7.07–49.50). In case of lower epidermis layer (μm) more variation was found in exotic rather than in indigenous.

Table I. Morphological variability in 328 mulberry accessions.

Tableau I. Variabilité morphologique chez 328 variétés de mûrier.

Characters	Indigenous	Exotic	Total
Caractères	Indigènes	Exotiques	
Branching nature / Type de branches			
Erect / Droites	104 (49.06%)	28 (24.14 %)	132
Semi-erect / Plus ou moins droites	78 (36.79 %)	58 (50.00 %)	136
Spreading / Etendues	30 (14.15%)	28 (24.14%)	58
Drooping / Tombantes	0	2 (1.72)	2
Curve / Straightness of branch / Courbe / Raideur de la branche			
Straight / Droite	200 (94.34 %)	42 (36.21 %)	240
Curve / Courbée	1 (0.47%)	19 (16.38%)	20
Slightly curve / Légèrement courbée	11 (5.19 %)	55 (47.41%)	66
Young shoot colour / Couleur d'une pousse jeune			
Green / Verte	142 (66.98 %)	35 (30.17 %)	177
Light green / Vert clair	23 (10.85 %)	30 (25.86 %)	53
Purple green / Vert pourpre	36 (16.98 %)	51 (43.97 %)	87
Brown / Marron	8 (3.77%)	0	8
Greenish brown / Vert marron	3 (1.42%)	0	3
Mature shoot colour / Couleur de la pousse mature			
Grey white / Gris blanc	0	1 (0.86%)	1
Grey / Gris	0	42 (36.21 %)	42
Brown / Marron	80 (37.74 %)	4 (3.45 %)	84
Grey brown / Gris marron	4 (1.89 %)	38 (32.76 %)	42
Greenish brown / Vert marron	81 (38.21 %)	0	81
Purple brown / Marron pourpre	24 (11.32 %)	0	24
Grey green / Gris vert	19 (8.96 %)	30 (25.86 %)	49
Purple green / Vert pourpre	4 (1.89 %)	0	4
Green / Vert	0	1 (0.86 %)	1
Phyllotaxy / Phyllotaxie			
1/2 (Distichous / Distique)	68 (32.08%)	10 (8.62 %)	78
1/3 (Tristichous / Tristique)	20 (9.43 %)	13 (11.21 %)	33
2/5 (Pentastichous / Pentastique)	11 (5.19%)	74 (63.79%)	85
Mixed / Mélangée	113 (53.30 %)	19 (16.38 %)	132
Trichome density / Densité de trichomes			
Sparse / Rare	154 (72.64 %)	76 (65.52 %)	230
Medium / Moyenne	56 (26.42 %)	28 (24.145)	84
Dense	2 (0.94 %)	12 (10.34 %)	14
Stipule duration / Durée des stipules			
Cauducous / Caduque	210 (99.06 %)	116 (100.00 %)	326
Persistent	2 (0.94 %)	0	2
Stipule nature / Nature des stipules			
Bud scale / A l'état de bourgeons	31 (14.62 %)	2 (1.72 %)	33
Free – lateral / Libre -latéral	180 (84.90 %)	114 (98.28 %)	294
Foliateous / Foliacés	1 (0.47 %)	0	1

Table II. Leaf morphological variability in 328 mulberry accessions.

Tableau II. Variabilité morphologique de la feuille chez 328 variétés de mûrier.

Characters	Indigenous	Exotic	Total
Caractères	Indigènes	Exotiques	
Leaf lobation type / Type de lobe de la feuille			
Unlobed / Non lobé	121 (57.08 %)	64 (55.17 %)	185
Shallow lobed / Lobe peu profond	44 (20.75 %)	21 (18.10 %)	65
Medium lobed / Lobe moyen	39 (18.40 %)	25 (21.55 %)	64
Deep lobed / Lobe profond	8 (3.77 %)	6 (5.17 %)	14
Leaf lobation number / Nombre de lobes de la feuille			
0	121 (57.08 %)	62 (53.45 %)	185
1–5	75 (35.38 %)	46 (53.45 %)	121
6–10	13 (6.13 %)	6 (5.17 %)	19
11–15	3 (1.42 %)	0	3
Leaf nature / Nature de la feuille			
Homophyllous / Homophylle	128 (60.38 %)	92 (79.31 %)	220
Heterophyllous / Hétérophylle	84 (39.62 %)	24 (20.69 %)	108
Leaf colour / Couleur de la feuille			
Green / Vert	111 (53.36 %)	64 (55.17 %)	175
Light green / Vert clair	22 (10.38 %)	10 (8.62 %)	32
Deep green / Vert foncé	79 (37.26 %)	42 (36.21 %)	121
Leaf surface / Surface de la feuille			
Smooth / Lisse	150 (70.75 %)	76 (65.52 %)	226
Slightly rough / Légèrement rugueuse	45 (21.23 %)	29 (25.00 %)	74
Rough / Rugueuse	17 (8.02 %)	11 (9.48 %)	28
Leaf texture / Texture de la feuille			
Membranous / Membraneuse	0	4 (3.45 %)	4
Chartaceous /	140 (66.04 %)	57 (49.14 %)	197
Coriaceous / Coriace	72 (33.96 %)	55 (47.41 %)	127
Leaf apex / Sommet de la feuille			
Acute / Pointu	0	12 (10.34 %)	12
Acuminate / Acuminé	205 (96.70 %)	104 (89.66 %)	309
Caudate / Caudé	7 (3.30)	0	7
Leaf margin / Bord de la feuille			
Serrate / Denticulée	144 (67.92 %)	43 (37.07 %)	187
Dentate / Dentellée	50 (23.58 %)	51 (43.97 %)	101
Crenate / Crênelée	17 (8.02 %)	22 (18.97 %)	39
Repand / Etendu	1 (0.47 %)	0	1
Leaf base / Base de la feuille			
Cordate / Cordée	125 (58.96 %)	87 (75.00 %)	212
Truncate / Tronquée	66 (31.13 %)	22 (18.97 %)	88
Acute / Pointue	0	1 (0.86 %)	1
Lobate / Lobée	21 (9.91 %)	6 (5.17 %)	27
Leaf shape / Forme de la feuille			
Ovate / Ovée	145 (68.40 %)	75 (64.66 %)	220
Narrow ovate / Etroite et ovée	9 (4.25 %)	5 (4.31 %)	14
Wide ovate / Large et ovée	58 (27.36 %)	36 (31.03 %)	94

Table III. Variability in leaf anatomical characters in mulberry (328 accessions).**Tableau III. Variabilité des caractères anatomiques de la feuille chez le mûrier (328 variétés).**

Characters	Min.	Max.	Mean $\pm$ SE	CV %
Stomata size (mm ²) / Taille du stomate (mm ²)				
Ind	123.53	604.60	268.78 $\pm$ 4.51	24.43
Exo	123.53	541.26	253.43 $\pm$ 6.77	28.75
Stomata frequency (mm ²) / Fréquence des stomates (mm ²)				
Ind	337.00	1242.00	657.87 $\pm$ 11.07	24.51
Exo	329.00	1333.00	631.16 $\pm$ 17.02	29.04
Idioblast length (μ m) / Longueur de l'idioblaste (μ m)				
Ind	1.89	66.66	10.76 $\pm$ 0.61	81.94
Exo	2.02	81.23	11.43 $\pm$ 0.86	81.27
Idioblast width (μ m) / Largeur de l'idioblaste (μ m)				
Ind	7.49	70.53	21.31 $\pm$ 0.57	39.07
Exo	9.58	46.98	21.48 $\pm$ 0.64	31.98
Idioblast frequency (mm ²) / Fréquence de l'idioblaste (mm ²)				
Ind	7.00	74.00	20.17 $\pm$ 0.49	35.59
Exo	8.00	39.00	17.29 $\pm$ 0.55	34.01
Palisade thickness (μ m) / Epaisseur de la palissade (μ m)				
Ind	18.22	97.60	52.36 $\pm$ 0.81	22.45
Exo	33.33	107.66	59.75 $\pm$ 1.35	24.39
Spongy thickness (μ m) / Epaisseur spongieuse (μ m)				
Ind	25.92	103.48	61.52 $\pm$ 0.97	22.91
Exo	36.85	106.13	62.20 $\pm$ 1.14	19.70
Palisade-Spongy ratio / Ratio palissade / spongieux				
Ind	0.40	3.03	0.90 $\pm$ 0.02	37.13
Exo	0.56	2.39	0.99 $\pm$ 0.03	30.40
Upper cuticle layer (μ m) / Couche de cuticule supérieure (μ m)				
Ind	2.02	10.72	5.30 $\pm$ 0.14	37.67
Exo	2.02	12.15	6.60 $\pm$ 0.20	33.19
Lower cuticle layer (μ m) / Couche de cuticule inférieure (μ m)				
Ind	0.81	10.15	2.70 $\pm$ 0.10	54.61
Exo	1.01	7.28	3.64 $\pm$ 0.14	40.30
Upper epidermis layer (μ m) / Couche épidermique supérieure (μ m)				
Ind	7.07	49.81	23.68 $\pm$ 0.49	29.93
Exo	10.23	42.93	24.26 $\pm$ 0.62	27.55
Lower epidermis layer / Couche épidermique inférieure (μ m)				
Ind	2.02	20.31	8.42 $\pm$ 0.17	29.39
Exo	3.62	24.71	9.21 $\pm$ 0.26	30.15
Leaf thickness (μ m) / Epaisseur de la feuille (μ m)				
Ind	83.62	219.53	153.89 $\pm$ 1.59	15.03
Exo	117.15	283.52	165.67 $\pm$ 2.38	15.44
Chloroplast / stomata / Chloroplaste / stomate (no. / nbre)				
Ind	8.00	18.00	10.82 $\pm$ 0.14	18.54
Exo	9.00	20.00	11.03 $\pm$ 0.16	15.82

Total leaf thickness (μm) is the aggregate of palisade, spongy, upper cuticle, lower cuticle, upper epidermis and lower epidermis was observed maximum in exotic more than indigenous accessions. The variation in chloroplast number per stomata ranges in indigenous from 8.00 to 18.00 whereas in exotic from 9.00 to 20.00.

The frequency distribution of mulberry sex is presented in Table IV. Out of all germplasm varieties, 31 males (9.51%), 192 females (58.90%) and 103 monoecious (31.60) were recorded. The reproductive parameters showed a wide range of variability among the accessions (Table V). A character wise variability was also observed among indigenous and exotic accessions. A maximum variability for inflorescence length (cm) was observed in female (0.68-9.33) followed by bisexual (1.14 – 4.59) and male (1.56 – 5.84). Inflorescence width (cm) indicates a similar trend in all types of flowers. Flower number per catkin was maximum in female (334) more than in male (90) and bisexual (52). The male flower composed of stamen, anther and pollen. The variability among all these characters shows more or less a similar trend. The pollen diameter showed a variation ranging from 16.51 to 18.08 μm in indigenous and exotic accessions. The pollen viability in male accessions ranged from 77.96 to 99.90%. The female flower was composed of floral organs or carpel. A typical carpel has 3 parts, ovary, style and stigma. The style and stigma length showed more variability in exotic than in indigenous accessions.

Table IV. Frequency distribution on mulberry sex (326 accessions).

Tableau IV. Fréquence de distribution du sexe chez le mûrier (326 variétés).

Sex / Sexe	Accessions / Variétés		Total
	Indigenous / Indigène	Exotic / Exotique	
Male / Mâle	21	10	31 (9.51 %)
Female / Femelle	125	67	192 (58.90)
Monoecious / Monoïque	66	37	103 (31.60 %)
Total	212	114	326

Among fruit characters, a wide range of variation was observed in respect of fruit length (0.91 – 13 cm), fruit width (0.39 – 1.92 cm) and fruit weight (0.10 – 6.03 g). Indigenous accessions showed maximum variation in all the fruit characters more than exotics.

The qualitative parameters like stigma type and stigma nature was also recorded and the accessions were classified in different groups (Table VI). Like wise, fruit colour was also observed in nominal scale with fruit taste and the accessions were grouped in different classes i. e. sour, less sweet and sweet as per scientists taste test (Table VI).

Table V. Variability in reproductive characters in mulberry (326 accessions).

Tableau V. Variabilité des caractères de reproduction chez le mûrier (326 variétés).

Characters / Caractères		Min.	Max. Moyenne $\pm$ S.E.	Mean $\pm$ SE	CV %
Inflorescence length (cm) / Longueur de l'inflorescence (cm)					
Male / Mâle	Ind	1.74	6.08	3.21 $\pm$ 0.10	28.07
	Exo	1.56	5.84	3.09 $\pm$ 0.10	22.56
Female / Femelle	Ind	0.68	9.33	1.83 $\pm$ 0.07	53.23
	Exo	0.99	3.01	1.73 $\pm$ 0.04	24.07
Bisexual / Bisexuelle	Ind	1.20	4.59	2.40 $\pm$ 0.10	31.81
	Exo	1.14	3.89	2.13 $\pm$ 0.12	30.68
Inflorescence width (cm) / Largeur de l'inflorescence (cm)					
Male / Mâle	Ind	0.32	1.18	0.51 $\pm$ 0.02	28.01
	Exo	0.29	1.12	0.51 $\pm$ 0.02	29.25
Female / Femelle	Ind	0.30	0.91	0.50 $\pm$ 0.01	25.35
	Exo	0.33	0.87	0.51 $\pm$ 0.01	25.43
Bisexual / Bisexuelle	Ind	0.28	0.74	0.46 $\pm$ 0.01	22.01
	Exo	0.34	0.89	0.53 $\pm$ 0.02	25.47
Flowers / catkin / Chaton des fleurs					
Male / Mâle	Ind	21.00	90.00	47.55 $\pm$ 1.14	27.62
	Exo	21.00	62.00	38.72 $\pm$ 1.59	27.89
Female / Femelle	Ind	18.00	334.00	40.72 $\pm$ 2.12	69.58
	Exo	16.00	83.00	39.03 $\pm$ 1.26	31.72
Bisexual / Bisexuelle	Ind	19.00	52.00	35.38 $\pm$ 1.02	22.27
	Exo	15.00	49.00	31.06 $\pm$ 1.44	26.66
Stamen length (mm) / Longueur de l'étamine (mm)					
	Ind	1.98	6.84	3.56 $\pm$ 0.08	20.71
	Exo	0.91	5.28	3.38 $\pm$ 0.13	24.69
Anther length (mm) / Longueur de l'anthere (mm)					
	Ind	0.62	1.62	0.98 $\pm$ 0.02	19.64
	Exo	0.54	1.36	0.96 $\pm$ 0.03	20.30
Pollen diameter (μm) / Diamètre du pollen (μm)					
	Ind	14.17	31.00	20.14 $\pm$ 0.36	16.51
	Exo	14.17	28.86	18.19 $\pm$ 0.51	18.08
Pollen viability (%) / Viabilité du pollen (%)					
	Ind	77.96	99.90	94.95 $\pm$ 0.50	4.83
	Exo	82.70	99.64	95.95 $\pm$ 0.50	4.08
Style length (mm) / Longueur du style (mm)					
	Ind	0.09	1.98	0.53 $\pm$ 0.02	52.52
	Exo	0.06	1.50	0.45 $\pm$ 0.03	66.11
Stigma length (mm) / Longueur du stigmate (mm)					
	Ind	1.14	7.77	3.59 $\pm$ 0.07	25.68
	Exo	1.30	6.96	3.76 $\pm$ 0.10	26.33
Fruit length (cm) / Longueur du fruit (cm)					
	Ind	0.91	13.00	2.43 $\pm$ 0.09	48.88
	Exo	1.03	3.88	2.47 $\pm$ 0.06	23.25
Fruit width (cm) / Largeur du fruit (cm)					
	Ind	0.39	1.92	0.90 $\pm$ 0.02	27.99
	Exo	0.52	1.38	0.97 $\pm$ 0.02	25.91
Fruit weight (g) / Poids du fruit (g)					
	Ind	0.14	6.03	0.95 $\pm$ 0.06	79.13
	Exo	0.10	2.61	0.90 $\pm$ 0.05	59.94

Table VI. Frequency distribution of qualitative parameters in female (295 accessions)

Tableau VI. Fréquence de distribution des paramètres qualitatifs chez la femelle (295 variétés).

Characters / Caractères	Accession / Variété		Total
	Indigenous	Exotic	
	Indigène	Exotique	
Stigma type (295 accessions) / Type du stigmate (295 variétés)			
Erect / Droit	61 (31.94 %)	48 (46.15 %)	109
Divaricate / Divariqué	34 (17.80%)	23 (22.12 %)	57
Spreading / Etendu	92 (48.17%)	33 (31.73%)	125
Twisted / Tordu	4 (2.09%)	-	4
Stigma nature (295 accessions) / Nature du stigmate (295 variétés)			
Pubescent	183 (95.81%)	94 (90.38%)	277
Papillate / Papilleux	8 (4.19%)	10 (9.62%)	18
Fruit colour (279 accessions) / Couleur du fruit (279 variétés)			
Black / Noir	122 (67.40%)	64 (65.31%)	186
Purple / Violet	45 (24.86%)	12 (12.24%)	57
White (creamy) / Blanc (crème)	8 (4.42%)	11 (11.22%)	19
Greenish / Verdâtre	6 (3.31%)	11 (11.22%)	17
Fruit taste (279 accessions) / Goût du fruit (279 variétés)			
Sour / Acide	95 (52.49%)	47 (47.96%)	142
Less sweet / Moins sucré	69 (38.12%)	20 (20.41%)	89
Sweet / Sucré	17 (9.39%)	31 (31.63%)	48

The growth attributes showed a wide range of variability in different characters among the accessions (Table VII). Maximum variability was observed in number of branches per plant, total shoot length, 100 leaves weight, leaf area, lamina weight, petiole weight, leaf yield per plant and leaf shoot ratio. The leaf yield of mulberry, a complex traits is attributed by different quantitative characters. Minimum variation was observed in laminar index (%), moisture (%) followed by moisture % after 6 hours, leaf petiole ratio by leaf length and weight, internodal distance, moisture retention % etc.

Table VII. Variability in growth attributes in mulberry.

Tableau VII. Variabilité des attributs de croissance chez le mûrier.

Characters	Min.	Max.	Mean $\pm$ SE	CV %
Caractères	Moyenne $\pm$ SE			
Branch no. / plant / Nbre de branches / plante				
Ind	3.00	53.00	22.00 $\pm$ 0.64	42.47
Exo	2.00	66.00	14.00 $\pm$ 0.95	75.06
Longest shoot length (cm) / Longueur de la plus longue pousse (cm)				
Ind	71.67	215.00	150.95 $\pm$ 1.91	18.43
Exo	23.67	235.00	121.89 $\pm$ 3.68	32.54
Total shoot length (cm) / Longueur totale de la pousse (cm)				
Ind	258.33	6852.00	2163.01 $\pm$ 74.44	50.11
Exo	42.33	6586.33	1256.23 $\pm$ 103.42	88.67
Internodal distance (cm) / Distance internodale (cm)				
Ind	3.00	10.64	5.61 $\pm$ 0.07	17.09
Exo	2.51	7.01	4.94 $\pm$ 0.10	22.38
100 leaf weight (gm) / Poids de 100 feuilles (g)				
Ind	53.33	667.84	262.81 $\pm$ 8.61	45.23
Exo	78.48	1241.85	413.99 $\pm$ 19.69	52.22
Leaf area (sq. cm) / Surface de la feuille (cm ²)				
Ind	57.33	604.67	250.51 $\pm$ 6.55	41.75
Exo	67.00	733.67	296.65 $\pm$ 12.24	4.45
Lamina weight (g) / Poids du limbe (g)				
Ind	0.52	7.66	2.81 $\pm$ 0.09	47.28
Exo	0.72	11.00	4.48 $\pm$ 0.19	46.39
Petiole weight (gm) / Poids du pétiole (g)				
Ind	0.07	0.99	0.34 $\pm$ 0.01	53.11
Exo	0.09	1.20	0.56 $\pm$ 0.02	42.92
Laminar index (%) / Indice laminaire (%)				
Ind	79.51	93.89	89.34 $\pm$ 0.15	2.36
Exo	83.86	92.56	88.83 $\pm$ 0.17	2.05
Leaf petiole ratio by length / Ratio de pétiole de la feuille en longueur (%)				
Ind	3.17	7.73	5.14 $\pm$ 0.05	17.94
Exo	3.55	6.75	4.89 $\pm$ 0.06	17.77
Leaf petiole ratio by weight / Ratio de pétiole de la feuille en poids				
Ind	5.92	16.42	9.90 $\pm$ 0.13	20.82
Exo	6.38	14.88	9.40 $\pm$ 0.05	19.72
Leaf yield / plant (kg) / Rendement en feuilles / plante (kg)				
Ind	0.15	4.17	1.11 $\pm$ 0.04	52.71
Exo	0.07	2.38	0.83 $\pm$ 0.05	69.93
Leaf shoot ratio / Ratio feuille - pousse				
Ind	0.32	3.51	1.35 $\pm$ 0.03	34.78
Exo	0.80	5.93	2.11 $\pm$ 0.10	52.58
Moisture (%) / Humidité (%)				
Ind	53.58	75.74	66.87 $\pm$ 0.19	4.05
Exo	61.19	86.63	69.41 $\pm$ 0.29	4.57
Moisture (%) after 6 hours / Humidité (%) après 6 heures				
Ind	21.83	70.38	53.14 $\pm$ 0.58	15.85
Exo	33.73	70.82	59.43 $\pm$ 0.57	10.26
Moisture retention (%) / Rétention de l'humidité (%)				
Ind	15.78	80.43	59.50 $\pm$ 0.91	22.18
Exo	26.80	88.56	67.71 $\pm$ 0.83	13.29

DISCUSSION

Based on the morphology and crop use, mulberry contains a number of variables to be selected. The morphological variation is the result of long term selection with varying objects in different parts of the world. The morphological descriptors are mainly taxonomical in nature and supposed to be heritable and will help in the identification of the species / cultivars at different phases of characterisation (Tikader *et al.*, 2000). In mulberry, morphological characters have been used for classification into species by different authors (Koidzumi, 1917, 1923; Katsumata, 1972). More emphasis is required to document the morphological features for long term use.

Leaf anatomy deals with internal structure of a leaf and other related plant organ. Stomata are very minute openings or pores surrounded by two semi-tender guard cells which occur superficially in the epidermis being much more in lower epidermis. Both stomatal size and frequency plays an important role for adapting the accessions to a particular condition. Presence of idioblast, its size and frequency indicates the quality of leaf, rough or smooth and acceptability to the silkworm. Palisade and spongy tissue thickness also indicates the adaptability of a plant in a particular situation. The characters associated with drought are leaf thickness, presence of cuticle, size and number of stomata and thickness of palisade parenchyma (Jolly and Dandin, 1986). Chloroplast number in stomatal guard cells indirectly associated with the ploidy level of accession (Yang and Yang, 1995; Tikader *et al.*, 1999 and Tikader and Rao, 2001). The anatomical parameters like cystolith size and shape initiates curiosity among taxonomist who tried to group the mulberry accessions (Koidzumi, 1917; Shah and Kachroo, 1979) into different groups and species.

Mulberry is a heterozygous plant which shows diverse sexual behaviours. Some basic information on sex expression, time of anthesis, dehiscence of anther, receptivity of female flower is required for an effective breeding programme. Variations in sex expression have been reported by several authors (Jolly *et al.*, 1986; Tikader *et al.*, 1995; Tikader *et al.*, 1999; Tiku *et al.*, 1984). Mukherjee (1965) studying on existence of different floral structures, said that original flowers were probably hermaphrodite and unisexuality occurred from reduction / suppression or sterility of either stamen or pistils. Minimazawa (1963) highlighted the role of different climatic factors on sex expression. The reproductive characters were also used by taxonomists to classify the mulberry into species (Engler and Prantl, 1924; Ledebour, 1951 and Koidzumi 1917; 1923). Tikader (1999) reported that the variability in reproductive parameters is useful in breeding program and for indirect selection. Tikader *et al.*, (1999) also reported a variability in reproductive characters and association among mulberry species. Based on the fruit behaviour, the mulberry accessions may be grouped and utilised other than for sericultural purposes (Machii *et al.*, 1999, Tikader, 1999). Besides this, reproductive and anatomical parameter have also been utilised for developing improved cultivars, resistance to pests or tolerance to adverse conditions.

The growth and yield parameters are highly influenced by environmental conditions and continuous in nature except for a few characters which are heritable in nature. The leaf yield is the combination of different characters and their association indicates the importance of individual character. The association of different characters towards leaf yield has been highlighted by different authors (Sarkar *et al.*, 1987; Tikader 1997; Vijayan *et al.*, 1997; Tikader and Roy, 1999). Knowledge of the association between characters is useful for indirect selection. Therefore, selection of related characters towards yield of early stage reduces time and resources to develop high yielding varieties.

Thus, the information generated through this study will provide scope for grouping mulberry accessions for further utilization in mulberry crop improvement program.

REFERENCES

- CAPPELLOZZA L., CORADAZZI A. T., TORNADORE N. (1995) Studies on phenotypic variability of seven cultivars of *M. alba* L. and three of *M. multicaulis* P. (Moraceae), Part I. *Sericologia*, 35(2), 257-270.
- CAPPELLOZZA L., CORADAZZI A. T., CAPPELLOZZA S., BALDAN B., MARIANI P. (1996) Studies on phenotypic variability of seven cultivars of *M. alba* L. and three of *M. multicaulis* P. (Moraceae), Part II. *Sericologia*, 36(1), 91-102.
- CHANG T. T. (1976) Manual on genetic conservation of rice germplasm for evaluation and utilization, IRRI, Los bones, Madrid.
- ENGLER A., PRANTL K. (1924) *Dinaturlichen pflanzen familien*. 2nd Edition (Leipzig).
- HUSSAIN S. W., WILLIAMS (1997) Evidence of functional unreduced gametes in *Trifolium repens* L. *Euphytica*, 97(1), 21-24.
- JOLLY M. S., DANDIN S. B. (1986) Collection, conservation and evaluation of mulberry (*Morus* spp.) germplasm. Central Sericultural Research & Training Institute, Mysore, pp. 18-19.
- KATSUMATA F. (1972) Mulberry species in West Java and their peculiarities. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 41(3), 213-223.
- KOIDZUMI G. (1917) Taxonomy and phyto-geography of the genus *Morus*. *Bull. Imp. Seric. Stn. Jpn.* 3(1), 1-50.
- KOIDZUMI G. (1923) Synopsis specierum generis. *Mori. Bull. Imp. Sericul. Exp. Station*, II(1), 1-50.
- LEDEBOUR C. F. (1951) *Flora Rossica sive enumeratic plantarum in Totius Imperii Rossici*. Symptilus Librarial E. Schuscizer bart, Stuttgartae 3, 643-644.
- MACHII H., KOYAMA A., YAMANOUCHI H., (1999) Fruit traits of genetic mulberry ressources. *J. Seric. Sci. Jpn.*, 68(2), 145-155.
- MACHII H., KOYAMA A., YAMANOUCHI H. (1999) A list of genetic mulberry resources maintained at National Institute of Sericultural and Entomological Science. *Misc. Publ. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci.* 26, 1-77.
- MACHII H., KOYAMA A., YAMANOUCHI H., KATAGIRI K. (1997) Manual for characterization and evaluation of mulberry genetic resources. *Misc. Publ. antl. Inst. Seric. Entomol. Sci.* 22, 105-124.
- MACHII H., KOYAMA A., YAMANOUCHI H., MATSUMOTO K., KOBAYASHI S., KATAGIRI K. (2001) Morphological and agronomical traits of mulberry. *Misc. Publ. Natl. Inst. Seric. Entomol. Sci.* 29, 1-307.
- METCALF C. R., CHALK L. (1979) *Anatomy of dicotyledons*, Second Edition, Clarendon Press, Oxford.
- MINAMIZAWA K. (1963) Experimental studies on the sex differentiation in mulberry. *Bull. Fac. Argi. Tokyo, Noko Digaku* 7, 4-47.
- MUKHERJEE S. K. (1965) On some morphological evidence in floral structural towards the development of unisexuality in mulberry. *Indian J. Seric.*, 4(1), 1-7.
- RABBANI M. A., MURAKAMI Y. A. I., SUZUKI T., TAKAYANGI K. (1998) Phenotypic variation and the relationships among mustard (*Brassica juncea* L.) germplasm from Pakistan. *Euphytica*, 101(3), 357-366.
- SHAH A. M., KACHROO P. (1979) *Anatomy of the leaf in some species of Morus*. Recent Researches in Plant Sciences Ed. S. S. Bir, 1979, Kalyani publishers, New Delhi, India, pp. 159 - 173.
- SMITH J. S. C., SMITH O. S. (1989) The description and assessment of distance between inbred lines of maize; The utility of morphological, biochemical and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines. *Maydica*, 34: 151-161.
- SARKAR A., ROY B. N., GUPTA K. K., DAS B. C. (1987) Character association in mulberry under close planting. *India J. Seric.*, 26(3), 76-78.
- TIKADER A. (1997) Studies on heritabilities, genetic parameters and response to selection in mulberry germplasm accessions. *Bull. Seric. Research*, 8, 19-22.

- TIKADER A. (1999) Studies on reproductive biological characters in mulberry germplasm (*Morus* spp.) Bull. Indian Acad. Seric., 3(2), 50-57.
- TIKADER A., ROY B. N. (1999) Genetic variability and character association in mulberry (*Morus* spp.). Indian J. Forestry, 22 (2), 26-29.
- TIKADER A., RAO A. A. (2001) Morpho-anatomical and pollen studies in mulberry germplasm. Sericologia, 41(1): 69-76.
- TIKADER A., RAO A. A., MUKHERJEE P. (1999) Stomatal variation and its relation with ploidy level in mulberry (*Morus* spp.). Indian J. Seric., 38(2), 160-162.
- TIKADER A., RAO A. A., MUKHERJEE P. (2000) Phenotypic characterisation of mulberry (*Morus* spp.) germplasm. The 4th China International Silk Conference Proceedings, CISC-4, May 2000, China pp. 114 – 125.
- TIKADER A., RAO A. A., MUKHERJEE P. (2000) Pollen morphology studies in mulberry germplasm (*Morus* spp.). Indian J. Seric., 39(2), 160-162.
- TIKADER A., VIJAYAN K., CHAKROBORTI S. P., ROY B. N. (1999) Sexual behaviour in mulberry germplasm (*Morus* species). Bull. Indian Acad. Seric., 3(2), 33-37.
- TIKADER A., VIJAYAN K., RAGHUNATH M. K., CHAKROBORTI S. P., ROY B. N., PAVAN KUMAR T. (1995) Studies on sexual variation in mulberry. Euphytica, 84, 115-120.
- TIKU A. K., BINDROO B. B. PANDIT R. R. (1998) Flowering process and anthesis of mulberry under temperate climate conditions (Kashmir Valley). Sericologia, 28(1), 49-56.
- VIJAYAN K., TIKADER A., CHAKROBORTI S. P., ROY B. N. (1997) Correlation studies in mulberry (*Morus* spp.). Indian J. Genet., 57(4), 455-460.
- YANG J. H., YANG J. X. (1995) Relationship between stomatal chloroplast number and ploidy levels in mulberry (*Morus* spp.). Sericologia, 35(2), 289-292.

VARIATION PHÉNOTYPIQUE DANS LES GERMOPLASMES DU MURIER (*MORUS* SPP.)

A. TIKADER* & A. ANANDA RAO

Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur 635109, Tamil Nadu, Inde.

Nous avons enregistré une diversité phénotypique pour 328 germoplasmes de mûrier (212 indigènes et 116 exotiques) provenant de diverses origines géographiques maintenus au Central Sericultural Germplasm Resources Centre, à Hosur, dans le Tamil Nadu en Inde de 1995 à 1997. Les données sur la morphologie, l'anatomie, la biologie florale et les attributs de croissance sont enregistrées. Les variétés sont groupées d'après la variation morphologique. De même, les données quantitatives sur les attributs anatomiques, reproductifs et de croissance sont analysées. Les résultats indiquent un grand degré de variabilité. L'étude détaillée sur la variabilité phénotypique permet au sélectionneur de sélectionner les parents pour les programmes de lignage et ultérieurement de mettre au point des variétés très productives.

INTRODUCTION

En Inde, on pratique la sériciculture dans divers environnements et on a donc besoin de variétés de mûrier adaptées au lieu. Pour mettre au point des variétés de mûrier améliorées, il est nécessaire de recueillir et de conserver une grande quantité de germoplasmes. Il existe très peu d'études sur la conservation, la caractérisation et l'évaluation des variétés de mûrier tempérées dans des pays avancés sur le plan séricicole comme le Japon, la Chine et l'Italie (Cappellozza et coll., 1995, 1996 ; Katsumata, 1972). Mais le recueil et la conservation des germoplasmes n'offrent pas de possibilités d'utilisation avant qu'ils ne soient caractérisés, évalués et que l'on ait rassemblé de la documentation de manière systématique. La caractérisation s'occupe principalement des aspects taxonomiques pour identifier les matériaux existants et les recueillir. L'évaluation et le regroupement des races terrestres d'une culture dans une certaine région permettent l'étude des relations évolutionnaires en accord avec l'histoire d'une culture dans une région et permettent aussi l'amélioration des cultures par le biais de croisements entre des génotypes apparemment sans lien. De plus, l'analyse, la documentation, et le stockage des germoplasmes permet de les utiliser avec efficacité. Le processus complet pourrait se faire en suivant trois étapes principales, c'est à dire l'enregistrement descriptif, la caractérisation systématique et le test empirique (Chang, 1976).

De plus, les estimations de la diversité génétique et la relation entre les collections de germoplasmes sont très utiles pour faciliter le recueil et la gestion efficace des germoplasmes (Rabbani et coll., 1998). De nombreux outils sont maintenant disponibles pour étudier la variabilité et la relation entre les variétés comme les isozymes et des marqueurs moléculaires variés. Cependant, la caractérisation phénotypique est la première étape de la description et de la classification du germoplasme (Smith et Smith, 1989).

Cette étude est donc destinée à caractériser les germoplasmes de mûrier en fonction de leurs attributs morphologiques, anatomiques, de biologie florale et de croissance pour déterminer la

* Auteur auquel adresser la correspondance.

diversité et les classer d'une façon adaptée pour une utilisation ultérieure dans des programmes d'amélioration des cultures.

MATERIELS ET METHODES

Plantes :

Dans cette étude, nous avons utilisé un ensemble de 328 variétés de mûrier (212 indigènes et 116 exotiques). Le germoplasme est maintenu au Central Sericultural Resources Centre, à Hosur 635 109, dans le Tamil Nadu, en Inde (12,45° N et 77,51° E et une altitude de 942 m au-dessus du niveau de la mer dans des conditions climatiques tropicales). Les précipitations moyennes sont comprises entre 700 à 1000 mm par an avec une température maximum de 34° C et minimum de 12° C. Les variétés indigènes ont été recueillies dans 19 états indiens tandis que les variétés exotiques ont été recueillies dans 25 pays, c'est à dire l'Afghanistan, l'Australie, le Bangladesh, le Burma (Myanmar), la Chine, Chypre, l'Egypte, la France, la Hongrie, l'Indonésie, l'Italie, le Japon, le Pakistan, la Papouasie Nouvelle Guinée, le Paraguay, les Philippines, le Portugal, la Russie, la Corée du Sud, l'Espagne, la Thaïlande, le Venezuela, le Vietnam et le Zimbabwe.

La plantation de germoplasmes est maintenue avec un espacement de 2,44 × 2,44m avec 4 plants par variété, sous forme d'arbustes et plantée de manière aléatoire avec des plants témoins. L'entretien des germoplasmes se fait en suivant les méthodes pratiquées dans d'autres pays comme le Japon et la Chine (Machii et coll., 1999 ou Machii et coll., 2001). On suit les normes recommandées pour les pratiques culturales. Pour l'enregistrement des données, les plants sont taillés à une hauteur de 1,5 m avec deux tailles par an. Quand la plantation atteint deux années de croissance, elle est taillée et par la suite on enregistre les données sur des caractères variés en suivant les procédures habituelles (Jolly et Dandin, 1986 ; Machii et coll., 1997 ; Tikader et coll., 1995 ; Tikader et coll., 2000) en 1995-1997.

CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE

Morphologie :

Après la taille, les données morphologiques sur 22 caractères sont enregistrés visuellement et les variétés sont caractérisées en fonction de descripteurs précis. Les données qualitatives sont enregistrées d'après les observations visuelles de 3 plants par variété.

Anatomie :

Quand les plants atteignent trois mois de croissance après la taille, les feuilles en pleine expansion (5^{ème} à 7^{ème} position en ordre descendant à partir du sommet d'une pousse) sont recueillies le matin à 10 - 11 heures dans des sacs en polyéthylène. Des morceaux rectangulaires sont pris au milieu du limbe foliaire, en évitant les nervures et les petites nervures (Metcalf & Chalk, 1979) et conservés dans du FAA (Formaline 5 ml, acide acétique glaciaire 5 ml et 90 ml d'éthanol à 70 %). Les études stomatales et des idioblastes sont réalisées en faisant une empreinte respectivement de la surface abaxiale (inférieure) et adaxiale (supérieure) de la feuille avec une fine couche de fixation rapide Wimbley et en l'observant sous un microscope Leica Leitz DMRB. On décolle les surfaces ventrales des feuilles fraîchement recueillies et on les monte sur une lame avec une solution de iode de potassium iode à 2 % (KI + I), puis on les recouvre avec une lame couvre-objet et on les examine sous un microscope immédiatement. La taille du stomate (longueur et largeur) est mesurée à l'aide d'un micromètre oculaire attaché au microscope et la valeur est convertie d'après le facteur de conversion. On compte les stomates et les idioblastes par surface unitaire et on calcule la fréquence par mm² et la surface (Tikader et coll., 1999, Tikader et coll., 1999, Tikader et Rao, 2001).

Reproduction :

Les observations sur l'expression sexuelle sont réalisées pendant la saison normale de floraison (printemps) ainsi qu'après la taille des plants de janvier jusqu'à mars - mai. L'expression sexuelle est enregistrée en tant que mâle, femelle (groupe unisexual ou dioïque), bisexualité, (organe sexuel mâle et femelle sur un chaton séparé ou sur le même chaton sur un plant). Pour estimer la coloration du pollen, qui est une indication de la fertilité du pollen, le chaton mâle des plants cultivés sur le terrain est déhiscé sur une lame de verre et coloré avec une goutte d'acétocarmin à 2 % et recouvert avec une lame couvre-objet. Après 5 minutes, on détermine le pourcentage de grains complètement colorés (Hussain et Williams, 1997 ; Tikader, 1999 ; Tikader et coll., 1999 ; Tikader et coll., 2000). Les autres données sur la fleur sont recueillies à partir du chaton lui-même. Les caractères de sorose sont recueillis d'après le chaton. Les caractères par rapport à la sorose sont enregistrés d'après la maturation des fruits.

Attributs de croissance :

On enregistre les données sur les attributs de croissance pour 16 paramètres après 90 jours de taille à partir de 3 plants par variété en suivant les procédures habituelles (Machii et coll., 1997 ; Vijayan et coll., 1997).

Analyse des données :

Les données sur 22 caractères morphologiques, 14 anatomiques, 26 reproductifs et 16 de croissance sont enregistrés d'après un descripteur et un format de caractérisation fixes et d'après l'évaluation des ressources génétiques chez le mûrier (Jolly et Dandin, 1986 ; Machii et coll., 1997). Les données qualitatives sont enregistrées grâce à une observation visuelle (échelle ordinale) et pour les données quantitatives, on prend des mesures et on utilise 3 répétitions pour l'analyse des données. Pour les caractères qualitatifs, les variétés sont groupées en classes de fréquence et pour les caractères quantitatifs, on a recours aux statistiques générales en suivant les procédures habituelles pour mesurer la diversité entre les variétés.

RESULTATS

On observe un grand degré de variation des caractères morphologiques. Les variétés sont regroupées dans différentes catégories et la fréquence de distribution est présentée dans le Tableau I. La nature du branchage est regroupée selon 4 catégories et on observe plus de branchages semi-droits, suivis par les branchages droits, en expansion et tombants. La couleur de la jeune pousse va de vert à vert marron et le nombre maximum de variétés appartient au groupe de couleur verte (177) tandis que le nombre minimum appartient au groupe vert marron (3). La couleur de la pousse mature est principalement marron (84) et minoritairement vert (1). La phyllotaxie indique la disposition de la feuille sur une tige qui va de 1/2 à 2/5. Le nombre maximum de variétés appartient au groupe mélangé (132) où il y a une combinaison de phyllotaxies variées. La durée et la nature des stipules regroupe aussi les variétés dans différentes catégories.

La variabilité morphologique de la feuille est présentée dans le Tableau II. Le type de lobe de la feuille permet de classer les variétés de lobées à profondément lobées et le nombre maximum de variétés appartient au groupe non lobé (185) tandis que le nombre minimum appartient au groupe profondément lobé (140). Le nombre de lobes de la feuille varie de 0 à 15, et les variétés sans lobe sont plus nombreuses (185). La nature de la feuille indique l'homophyllité et l'hétérophyllité et englobe divers caractères : la couleur de la feuille (de vert à vert foncé), la surface de la feuille (de lisse à rugueuse), la texture de la feuille (de membraneuse à coriace), le sommet de la feuille (de pointu à caudé), le bord de la feuille (de denticulé à étendu), la base de la feuille (de cordée à lobée) et la forme de la feuille (de ovée à ovée et large).

Les paramètres anatomiques de la feuille révèlent un degré important de variabilité pour les différents caractères chez les variétés indigènes et exotiques (Tableau III). On observe une variabilité maximum pour la taille du stomate (mm^2) qui est comprise entre 123,53 et 604,60. On observe la taille de stomate maximum chez les variétés indigènes plutôt que chez les exotiques. La fréquence de stomate (mm^2) est plus importante chez les indigènes (242 à 337) que chez les exotiques (329,00 à 333,00). La longueur de l'idioblaste (μm) est un caractère plus fluctuant et on observe plus de variation chez les exotiques (2,02 à 81,20) que chez les indigènes (1,89 à 66,60). La largeur et la fréquence (mm^2) de l'idioblaste (μm) présentent une tendance similaire à la fois chez les variétés exotiques et indigènes.

On observe une épaisseur de la palissade et de la couche spongieuse (μm) plus importante chez les variétés exotiques que chez les indigènes. Le ratio palissade / spongieux suit aussi une tendance similaire chez les indigènes (0,90 - 3,00) et les exotiques (0,56 à 2,30). L'épaisseur de la couche cuticulaire supérieure (μm) est plus importante chez les variétés exotiques tandis que la couche cuticulaire inférieure (μm) est plus épaisse chez les variétés indigènes. La couche épidermique supérieure (μm) indique plus de variabilité chez les variétés exotiques (10,23 à 42,90) que chez les indigènes (7,07 à 49,50). Dans le cas de la couche épidermique (μm), on trouve plus de variation chez les variétés exotiques que chez les indigènes.

On observe que l'épaisseur totale de la feuille (μm) qui est l'agrégat de la palissade, du spongieux de la cuticule supérieure, de la cuticule inférieure, de l'épiderme supérieur et de l'épiderme inférieur est maximum chez les variétés exotiques, plus que chez les indigènes.

La variation du nombre de chloroplastes par stomate est comprise entre 8 à 18 chez les variétés indigènes et chez les exotiques entre 9 et 20,00.

La fréquence de distribution du sexe de murier est présentée dans le Tableau IV. Sur toutes les variétés de germoplasmes, on enregistre 31 variétés mâles (9,51 %), 192 femelles (58,90 %) et 103 monoïques (31,60). Les paramètres de reproduction présentent un degré de variabilité important entre les variétés (Tableau V). On observe une variabilité en fonction du caractère chez les variétés indigènes et exotiques. On observe une variabilité maximum pour la longueur de l'inflorescence (cm) chez les femelles (0,68 - 9,33) puis pour la bisexualité (1,14 - 4,59) et le caractère mâle (1,56 - 5,84). La largeur de l'inflorescence (cm) montre une tendance similaire pour tous les types de fleurs. Le nombre de fleurs par chaton est maximum chez les femelles (334) plus que chez les mâles (90) et les bisexuels (52). La fleur mâle est composée des étamines, des anthères et du pollen. La variabilité entre tous ces caractères présente plus ou moins une tendance similaire. Le diamètre du pollen varie entre 16,51 et 18,08 μm chez les variétés indigènes et exotiques. La viabilité du pollen chez les variétés mâles est comprise entre 77,96 et 99,90 %. La fleur femelle est composée des organes floraux ou du carpelle. Un carpelle typique a 3 parties, l'ovaire, le style et le stigmate. La longueur du style et du stigmate présente plus de variabilité chez les variétés exotiques que chez les variétés indigènes.

Parmi les caractères fructifères, on observe un grand degré de variation pour la longueur du fruit (0,91 à 13 cm), la largeur du fruit (0,39 - 1,92 cm) et le poids du fruit (0,10 - 6,03 g). Les variétés indigènes présentent une variété maximum de tous les caractères fructifères, plus que les exotiques.

Les paramètres qualitatifs comme le type de stigmate et la nature du stigmate sont aussi enregistrés et les variétés sont classées dans différents groupes (Tableau VI). De même, on observe aussi la couleur du fruit et le goût du fruit et les variétés sont groupées dans des classes différentes, c'est à dire, aigres, moins sucrées et sucrées d'après le test de goût (Tableau VI).

Les attributs de croissance présentent un degré de variabilité élevé pour les différents caractères entre les variétés (Tableau VII). On observe la variabilité maximum pour le nombre de branches par plant, la longueur totale de la pousse, le poids de 100 feuilles, la surface foliaire, le poids du limbe, le poids du pétiole, le rendement foliaire par plant et le ratio feuilles pousses. Le rendement foliaire du murier, un trait complexe dépend de différents caractères quantitatifs. On observe une variation minimum pour l'indice laminaire (%), l'humidité (%) suivie par l'humidité après 6 heures, le ratio

feuille pétiole d'après la longueur et le poids de la feuille, la distance internodale, le % de rétention d'humidité, etc.

DISCUSSION

D'après la morphologie et l'utilisation des cultures, le mûrier possède un nombre de variables à sélectionner. La variation morphologique est le résultat d'une sélection à long terme de traits variés dans différentes parties du globe. Les descripteurs morphologiques sont principalement de nature taxonomique et censés être héréditaires et permettront d'identifier les espèces / les cultivars pendant différentes phases de caractérisation (Tikader et coll., 2000). Chez le mûrier, les caractères morphologiques ont été utilisés par différents auteurs pour classer les espèces (Koidzumi, 1917, 1923 ; Katsumata, 1972). Il faut accorder plus d'importance à l'étude des traits morphologiques pour un usage à long terme.

L'anatomie de la feuille concerne la structure interne d'une feuille et d'autres organes liés à la plante. Les stomates sont des ouvertures ou des pores minuscules entourés par deux cellules gardes semi-tendres qui sont localisées superficiellement sur l'épiderme et sont bien plus nombreux dans l'épiderme inférieur. La taille et la fréquence du stomate jouent toutes les deux un rôle important pour l'adaptation des variétés à une condition particulière. La présence de l'idioblaste, sa taille et sa fréquence indiquent la qualité de la feuille, rugueuse ou lisse et l'acceptabilité par le ver à soie. L'épaisseur des tissus palissadiques et spongieux indique aussi l'adaptabilité d'une plante à une situation particulière. Les caractères associés à la sécheresse sont l'épaisseur de la feuille, la présence de la cuticule, la taille et le nombre de stomates et l'épaisseur des parenchymes de la palissade (Jolly et Dandin, 1986). Le nombre de chloroplastes dans les cellules gardes stomatales est indirectement associé avec le niveau de ploïdie d'une variété (Yang et Yang, 1995 ; Tikader et coll., 1999 et Tikader et Rao, 2001). Les paramètres anatomiques comme la taille et la forme du cystolithe ont attiré la curiosité des taxonomistes qui ont essayé de regrouper les variétés de mûrier (Koidzumi, 1917 ; Shah et Kachroo, 1970) dans différents groupes et espèces.

Le mûrier est une plante hétérozygote qui présente des comportements sexuels variés. Il est nécessaire d'avoir des informations de base sur l'expression du sexe, la période de l'anthèse, la déhiscence de l'anthère, la réceptivité de la fleur femelle pour un programme de lignage efficace. Plusieurs auteurs ont signalé des variations de l'expression sexuelle (Jolly et coll., 1986 ; Tikader et coll., 1995 ; Tikader et coll., 1999 ; Tiku et coll., 1984). Mukherjee (1965) au cours de son étude sur l'existence de différentes structures florales, a rapporté que les fleurs originales étaient probablement hermaphrodites et l'unisexualité est issue de la réduction / suppression ou la stérilité des étamines ou des pistils. Minimazawa (1963) a souligné le rôle de différents facteurs climatiques sur l'expression sexuelle. Les caractères reproductifs ont aussi été utilisés par les taxonomistes pour classer le mûrier en espèces (Engler et Prantl, 1924 ; Ledebour, 1951 et Koidzumi 1917 ; 1923). Tikader (1999) a rapporté que la variabilité des paramètres reproductifs est utile dans les programmes de lignage et pour une sélection indirecte. Tikader et coll., (1999) ont aussi rapporté une variabilité des caractères reproductifs et de l'association entre les espèces chez le mûrier. D'après le comportement du fruit, on pourrait regrouper et utiliser les variétés de mûrier pour des finalités autres que séricicoles (Machii et coll., 1999, Tikader, 1999). De plus, les paramètres reproducteurs et anatomiques ont aussi été utilisés pour mettre au point des cultivars améliorés, une résistance à des parasites ou la tolérance à des conditions néfastes.

Les paramètres de croissance et de rendement sont très influencés par les conditions environnementales sauf pour quelques caractères qui sont de nature héréditaire. Le rendement foliaire est la combinaison de différents caractères et leur association indique l'importance du caractère individuel. Des auteurs différents ont souligné l'association de différents caractères par rapport au rendement foliaire (Sarkar et coll., 1987 ; Tikader, 1997 ; Vijayan et coll., 1997 ; Tikader et Roy, 1999). La connaissance de l'association entre les caractères est utile pour une sélection indirecte. Par

conséquent, la sélection au stade initial de caractères contribuant au rendement fait gagner du temps et des ressources pour mettre au point des variétés à haut rendement.

L'information contenue dans cette étude offre des possibilités de regroupement des variétés de mûrier pour une utilisation ultérieure dans des programmes d'amélioration de la culture du mûrier.

EFFECT OF DIFFERENT COMBINATIONS OF NPK FERTILIZERS ON THE YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF *TERMINALIA TOMENTOSA*

U. S. P. SINHA*, Md. ISA, A. K. SINHA & B. N. BRAHMACHARI

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

Studies on the effect of thirteen different combinations of NPK on the quality and leaf yield of Terminalia tomentosa revealed that the combination of N:P:K = 200:50:50 kg per hectare per year gave a 37.14% increase in leaf yield over control. Chemoassay and bioassay results also confirmed a significant improvement in the quality of leaf by the application of the combination N 200: P 50: K 50.

Keywords: *Terminalia tomentosa*, leaf yield, chemo assay, bioassay.

INTRODUCTION

The profitability of sericulturist depends on quality and yield of leaves of the food plants for the silkworm. Maximisation of leaf yield per unit area will lead to increased cocoon production per hectare at reduced cost. The importance of fertilisers in increasing the production of food grains and other crops is well documented. Sufficient results are available on the effect of fertilisation on the leaf yield in mulberry (Pain 1965, Kasiviswanathan & Iyengar, 1966, 1970). Sinha *et al.*, (1999) have studied the effect of different combinations of NPK fertilizers on the yield and nutritive value of *Terminalia arjuna*. However, no systematic work has been reported so far on the effect of fertilizers on *Terminalia tomentosa*, a primary food plant of tasar silkworm *Antheraea mylitta* Drury. The present communication describes the effect of different combinations of NPK fertilizers on the yield and nutritive value of *Terminalia tomentosa*.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in the experimental field of Central Tasar Research & Training Institute, Nagri, Ranchi on ten years old *Terminalia tomentosa* plant (6' × 6') grown under rainfed condition for two years. Before the lay out of the experiment, the fertility gradient of the field was studied. The plot was quite uniform having sandy loam laterite soil with pH 5.5 organic carbon, 0.35%, available phosphorus (P₂O₅) 35.50 kg /ha and available potassium (K₂O) 80.60 kg/ha. Chemical analysis of the farm soil was done following the method of Piper (1950). N, P and K were applied in the form of urea, single super phosphate and Muriate of potash respectively. Nitrogenous fertiliser was applied in three equal split doses during the month of June, July and August. Phosphorus and potash fertilizers were applied in single dose in the month of June. In addition, farm yard manure was applied @ 6 MT/ha/ yr during June along with basal dose of NPK. The experiment was laid out in

* Centre for Integrated Sericulture Research. Central Silk Board, Jamuguri, Rowroiah, Jorhat – 785 005, State – Assam, India.

Randomized Block Design with thirteen treatments in three replications, each replication having 24 plants. The treatments include five levels of nitrogen and four levels each of phosphorus and potassium.

N0 = 0 Kg. N / ha / yr.	P0 = 0 kg P / ha / yr	K0 = 0 kg K / ha. / yr
N1 = 50 kg N / ha / yr	P1 = 25 kg P / ha / yr	K1 = 25 kg K / ha / yr
N2 = 100 kg N / ha / yr	P2 = 50 kg P / ha / yr	K2 = 50 Kg K / ha / yr
N3 = 150 kg N / ha / yr	P3 = 75 kg P / ha / yr	K3 = 75 kg K / ha / yr
N4 = 200 kg N / ha / yr		

The treatments were as follows:

T1 = N1P1K1, T2 = N1P2K2, T3 = N1P3K3, T4 = N2P1K1, T5 = N2P2K2, T6 = N2P3K3, T7 = N3P1K1, T8 = N3P2K2, T9 = N3P3K3, T10 = N4P1K1, T11 = N4P2K2, T12 = N4P3K3, T13 = NOP0K0.

Simple random Sampling method was followed for collecting the samples for the study under reference. Leaf samples were collected after 45 days of the application of fertilizers in the field excluding tender and over matured leaves from each treated plot in three replications. Chemical constituents i.e. moisture, minerals, crude fibre and total carbohydrate were estimated by AOAC (1950). Total nitrogen in the leaves was determined by Kjeldahl's method and crude protein was calculated by multiplying the estimated value of the nitrogen content by 6.25.

For the assessment of nutritional effect, disease free layings of *A. mylitta* was brushed and reared in three replicated batches of 100 worms each following the rearing technique suggested by Jolly *et al.* (1974) during the second crop (Sept – Nov.). The method suggested by Arunaachalam and Bandhopadhyay (1984) was followed to decide the ranking of different treatments of NPK under study for different parameters.

RESULTS AND DISCUSSION

The pooled mean leaf yield of two years is presented in Table I. Results indicate that the effect of different combinations of NPK is highly significant. The finding corroborates the studies of Pain (1965) who also reported higher mulberry leaf yield in the NPK combinations than in the individual (N, P and K) or the combination of two major nutrients. Significant difference in leaf yield was observed among different doses of nitrogen tried i.e. 0, 50, 100, 150 and 200 kg. N/ha. The increase in leaf yield was the highest (37.14%) in treatments T11 and T12 (32289 kg per ha). In both these treatments T11 i.e. N₄P₂K₂ can be considered as the best due to lower dose of fertilizers.

Table II shows the average chemical composition of leaf under different treatments of NPK. Except crude fibre, contents of moisture, crude protein, total carbohydrate and total minerals were significantly higher in treated plant leaves than in control. The present observation supports the work of Ray *et al.* (1973) who also reported a significant effect of nitrogen levels on moisture, crude protein and total mineral contents. Gupta and Das (1962) also observed a similar effect of NPK application on the crude protein content of maize. Pain (1965) found that the application of NPK significantly increases the moisture, crude protein and total carbohydrate contents of mulberry leaf. He also did not find any significant difference in the crude fibre content.

Effects of different treatments on the economic characters of *A. mylitta* are presented in Table III. It is evident from Table III that feeding silkworms with leaves of the NPK treated plants has a favourable effect on the full grown larval weight, effective rate of rearing (E. R. R.), cocoon weight, shell weight and silk ratio (S. R.) %. The ultimate source of nitrogen for protein synthesis in the silkworm is the leaves upon which it feeds. Obviously, the quantum of silk protein is directly related to the content of nitrogen, available in the leaves.

Table I. Mean yield of *Terminalia tomentosa* under different treatment in kg/ha/yr.**Tableau I. Rendement moyen de *Terminalia tomentosa* avec différents traitements en Kg/ha /an.**

Treatment	Average of two years	Increase in yield over control in %
<i>Traitement</i>	<i>Moyenne sur deux ans</i>	<i>Augmentation en rendement par rapport au témoin en %</i>
T1	24957c	6.00
T2	25092c	6.57
T3	25197 ^c	7.02
T4	26437d	12.28
T5	26538d	12.71
T6	26639d	13.14
T7	28119c	19.43
T8	28253c	20.00
T9	28388c	20.57
T10	30070b	27.71
T11	32290a	37.14
T12	32290a	37.14
T13 (Control / Témoin)	23545f	
S. Em ±	164.18	
F test	**	
CD at 5% level/ CD à un seuil de 5 %	464.29	

N. B. ** - Significant at 1.0% level / *Significatif au seuil de 1 %.*

Figures with different alphabets differ significantly / *Les chiffres avec des lettres différentes diffèrent de manière significative.*

The role of phosphorus as an integral part of various protein and lipid molecules is well known which influences the physical and metabolic activities of the silkworm. Similarly insect body requires potassium for its proper development and normal functioning. In the silkworm plasma potassium is a major inorganic component (Imms, 1963). All these factors might be responsible for an increase in the larval weight, the cocoon weight, the shell weight and the SR (%). Sidhu *et al.*, (1969) have also observed that leaves grown under nitrogen, phosphorous and potash fertilisation improved the larval growth, cocoon yield and other economic characters. Increase in ERR may be due to the improvement in the quality of leaves (Table II) which has got a direct influence on the health, growth and survival of silkworms (Sinha *et al.*, 1986).

Table II. Chemical composition of *Terminalia tomentosa* leaf as influenced by different treatments.

Tableau II. Composition chimique de la feuille de *Terminalia tomentosa* sous l'influence de différents traitements.

Treatment	Moisture (%)	Crude protein (%)	Total carbohydrate (%)	Crude fibres (%)	Total minerals (%)
Traitement	Humidité (%)	Protéines brutes (%)	Hydrates de carbone totaux (%)	Fibres brutes (%)	Minéraux totaux (%)
T1	70.60e	12.19d	15.20e	13.30a	6.30f
T2	70.70e	12.22d	15.25e	13.25a	6.35f
T3	70.80de	12.25d	15.30e	13.20a	6.40f
T4	71.00cd	13.18c	15.50d	13.10a	6.55e
T5	71.11c	13.25c	15.52d	13.08a	6.59e
T6	71.15c	13.31c	15.55d	13.05a	6.65de
T7	71.50b	14.37b	15.80c	13.00a	6.77cd
T8	71.60b	14.43b	15.84c	12.98a	6.81c
T9	71.75ab	14.50b	15.90c	12.95a	6.85c
T10	71.90a	15.50a	16.40b	12.90a	7.00b
T11	72.00a	15.60a	16.60a	12.88a	7.20a
T12	72.00a	15.60a	16.50ab	12.87a	7.21a
T13(control / témoin)	70.17f	11.75e	15.00f	13.50a	6.10g
S. Em ±	0.09	0.11	0.05	0.15	0.45
F test	**	**	**	NS	**
CD at 5% level	0.25	0.21	0.13	-	0.13

N. S. denotes not significant / Non significatif. ** Significant at 1.0% level / Significatif au seuil de 1 %.

Figures with different alphabets differ significantly. / Les chiffres avec des lettres différentes diffèrent de manière significative.

Average values are based on two years data. / Les valeurs moyennes sont basées sur des données recueillies pendant deux ans.

Percentage values are on an oven dry basis. / Les valeurs en pourcentage sont sur matière sèche obtenue au four.

Table III. Influence of different fertilizer treatment on the economic characters of *A. mylitta*.**Tableau III. Influence de différents engrais sur les caractères économiques de *A. mylitta*.**

Treatment	Wt. of late 5 th stage larva (g)	E.R.R. (%)	Cocoon weight (g)	Shell weight (g)	S. R. (%)
<i>Traitement</i>	<i>Poids de la larve à la fin du 5^{ème} âge</i>	<i>Taux Effectif d'Elevage (%)</i>	<i>Poids du cocon (g)</i>	<i>Poids de la coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>
T1	39.50d	43.50d	12.30f	1.76k	14.30c
T2	39.60d	44.00d	12.36f	1.77j	14.32e
T3	39.80d	44.50d	12.40f	1.78i	14.35e
T4	40.90c	46.00c	12.64e	1.82h	14.40c
T5	41.00c	46.33c	12.70de	1.83g	14.41c
T6	41.10c	46.67c	12.83d	1.85f	14.42de
T7	42.10b	48.00b	13.05c	1.90e	14.56cd
T8	42.30b	48.33b	13.10c	1.91d	14.58c
T9	42.40b	49.00b	13.15c	1.92c	14.60c
T10	43.35a	50.50a	13.60b	2.04b	15.00b
T11	44.00a	51.50a	14.01a	2.15a	15.35a
T12	44.10a	51.40a	14.01a	2.15a	15.35a
T13 (control)	38.00e	41.50e	11.74g	1.62i	13.80f
S.Em ±	0.32	0.42	0.45	0.002	0.07
F test	**	**	**	**	**
CD at 5% level	0.91	1.18	0.13	0.007	0.14

** denotes significant at 1.0% level / *Significatif au seuil de 1 %.*

Figures with different alphabets differ significantly / *Les chiffres avec des lettres différentes diffèrent de manière significative.*

Average values are based on two years data / *Les valeurs moyennes sont basées sur des données de deux ans.*

E.R.R. (%): Number of cocoons obtained from 100 worms / *Nombre de cocons obtenus à partir de 100 vers.*

$$\text{S. R. (\%)} = \frac{\text{Shell weight}}{\text{Cocoon weight}} \times 100$$

$$\text{S. R. (\%)} = \frac{\text{Poids de la coque}}{\text{Poids du cocon}} \times 100$$

Data in Table IV indicate the scores allotted to thirteen different treatments of NPK under study for leaf yield, chemical constituents and economic characters by the method of Arunachalam and Bandopadhyay (1984) where lower values signify higher ranking. It is evident from this table that among different combinations of NPK treatment T11 (N4P2K2), i.e. application of NPK = 200:50:50 kg/ha/yr is the best combination.

Table IV. Scoring of thirteen different treatments of NPK for leaf yield, chemical constituents and economic characters.

Tableau IV. Résultats obtenus avec treize traitements différents en NPK pour le rendement en feuilles, les constituants chimiques et les caractères économiques.

Treatment	Chemical constituents						Economic characters					Total Scores and ranks
	Leaf yield	Moisture	Crude protein	Total Carbo hydrate	Crude fibre	Total minerals	Larval weight	ERR	Cocoon wt.	Shell wt.	Silk Ratio	
<i>Traitement</i>	<i>Constituants chimiques</i>						<i>Caractères économiques</i>					<i>Scores totaux et classements</i>
	<i>Rendement en feuilles</i>	<i>Humidité</i>	<i>Protéines brutes</i>	<i>Hydrates de carbone totaux</i>	<i>Fibres brutes</i>	<i>Minéraux totaux</i>	<i>Poids larvaire</i>		<i>Poids du cocon</i>	<i>Poids de la coque</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	
T11	0.17	0.17	0.20	0.17	1.00	0.14	0.20	0.20	0.14	0.08	0.17	2.64 (I)
T12	0.17	0.17	0.20	0.25	1.00	0.14	0.20	0.20	0.14	0.08	0.17	2.72 (II)
T10	0.33	0.17	0.20	0.33	1.00	0.29	0.20	0.20	0.29	0.17	0.33	3.51 (III)
T9	0.50	0.25	0.40	0.50	1.00	0.43	0.40	0.40	0.43	0.25	0.50	5.06 (IV)
T8	0.50	0.33	0.40	0.50	1.00	0.43	0.40	0.40	0.43	0.33	0.50	5.22 (V)
T7	0.50	0.33	0.40	0.50	1.00	0.50	0.40	0.40	0.43	0.42	0.58	5.46 (VI)
T6	0.67	0.50	0.60	0.67	1.00	0.64	0.60	0.60	0.57	0.50	0.75	7.70 (VII)
T5	0.67	0.50	0.60	0.67	1.00	0.71	0.60	0.60	0.62	0.58	0.83	7.38 (VIII)
T4	0.67	0.58	0.60	0.67	1.00	0.71	0.60	0.60	0.71	0.67	0.83	7.64 (IX)
T3	0.83	0.75	0.80	0.83	1.00	0.86	0.80	0.80	0.86	0.75	0.83	9.11 (X)
T2	0.83	0.83	0.80	0.83	1.00	0.86	0.80	0.80	0.86	0.83	0.83	9.27 (XI)
T1	0.83	0.83	0.80	0.83	1.00	0.86	0.80	0.80	0.86	0.92	0.83	9.36 (XII)
T13 (Cont)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	11.00 (XIII)

It is therefore inferred that among all the combinations of NPK under study, the combination N4P2K2 i.e., application of NPK = 200:50:50 Kg/ha/yr is the best for the leaf yield and quality of *T. tomentosa* for sandy loam laterite acidic soil low in organic carbon and available potassium and medium in available phosphorus.

REFERENCES

- ARUNACHALAM V. & BANDOPADHYAY A. (1984) A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. *Indian J. Genet.*, 44(3): 413-424.
- AOAC (1950) Official and tentative methods of analysis. 7th edition, Washington.
- GUPTA Y. P. & DAS N. B. (1962) Nutritive value of maize as influenced by manures and fertilisers – chemical composition. *Ind. J. Agri. Sci.*, 32(1): 79-89.
- IMMS A. D. (1963) A general test book of entomology. Asia Publishing House, Bombay.
- JOLLY M. S., SEN S. K. & AHSAN M. M. (1974) Preliminary observations on the varietal-cum-irrigational response to different “N” levels on the seasonal and total yield of mulberry. *Indian J. Seric.*, IV, 22-23.
- KASIVISWANATHAN K. & SITARAMA IYENGAR M. N. (1966) Effect of NPK manuring on the seasonal and total yield of mulberry. *Indian J. Seric.* 5(1): 46-52.
- KASIVISWANATHAN K. & SITARAMA IYENGAR M. N. (1970) Effect of plant densities methods of leaf harvest and nitrogen fertilisation on the leaf yield of irrigated mulberry in Mysore State. *Indian J. Seric.*, 9(1): 41-48.
- PAIN A. K. (1965) Effect of NPK fertilizers and their combinations on the yield and nutritive value of mulberry. *Indian J. Seric.*, 4(1): 1-8.
- PIPER C. S. (1950) Soil and plant analysis, University of Adelaide, Australia.
- RAY D., MONDAL L. N., PAIN A. K., & MONDAL S. K. (1973) Effect of NPK and farm yard manure on the yield and nutritive values of mulberry leaf. *Indian J. Seric.*, 12(1): 7-12.
- SIDHU N. S., KASIVISWANATHAN K. & SITARAMA IYENGAR M. N. (1969) Effect of feeding leaves grown under NPK fertilisation on the larval development and cocoon characters of *B. mori* L. *Indian J. Seric.*, 8: 55-60.
- SINHA A. K., CHOWDHURY S. K., BRAHMACHARI B. N. & SENGUPTA K. (1986) Foliar constituents of the food plants of temperate tasar silkworm *Antheraea proylei*. *Indian J. Seric.*, 25(1): 42-43.
- SINHA U.S.P., ISA M. D., SRIVASTAVA D. P., SINHA A. K. & Brahmachari B. N. (1999) Effect of different combination of NPK fertilizers on the yield and nutritive value of *Terminalia arjuna*. *Sericologia*, 39(2): 291-298.

EFFET DE DIFFERENTES COMBINAISONS D'ENGRAIS NPK SUR LE RENDEMENT ET LA VALEUR NUTRITIVE DE *TERMINALIA TOMENTOSA*

U. S. P. SINHA*, Md. ISA, A. K. SINHA & B. N. BRAHMACHARI

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

Des études réalisées sur l'effet de treize différentes combinaisons de NPK sur la qualité et le rendement en feuilles de Terminalia tomentosa ont révélé que la combinaison N : P : K = 200 : 50 : 50 kg par hectare par année donne une augmentation du rendement foliaire de 37,14 % par rapport au témoin. Les résultats de l'évaluation chimique et biologique confirment aussi une amélioration significative de la qualité de la feuille avec l'application de la combinaison N 200 : P 50 : K 50.

INTRODUCTION

Le profit en sériciculture dépend de la qualité et du rendement en feuilles des plantes hôtes du ver à soie. La maximisation du rendement en feuilles par surface unitaire entraîne l'augmentation de la production de cocons par hectare à un coût réduit. Il existe beaucoup de documentation sur l'importance des engrais pour augmenter la production des céréales vivrières et d'autres cultures. Il existe suffisamment d'études sur l'effet des engrais par rapport au rendement foliaire du mûrier (Pain 1965, Kasiviswanathan & Iyengar, 1966, 1970). Sinha et coll., (1999) ont étudié l'effet de différentes combinaisons d'engrais NPK sur le rendement et la valeur nutritive de *Terminalia arjuna*. Cependant, jusqu'à présent il n'existe pas d'étude systématique sur l'effet des engrais chez *Terminalia tomentosa*, la plante hôte primaire du ver à soie tasar, *Antheraea mylitta* Drury. Cet article décrit l'effet de différentes combinaisons d'engrais NPK sur le rendement et la valeur nutritive de *Terminalia tomentosa*.

MATERIELS ET METHODES

L'expérience a été réalisée dans la mûraie expérimentale du Central Tasar Research & Training Institute, Nagri, Ranchi avec des plants de *Terminalia tomentosa* âgés de dix ans (180 cm × 180 cm) cultivés sans irrigation pendant deux ans. Avant la conception de l'expérience, nous avons étudié le degré de fertilité du champ. La parcelle est assez uniforme avec un sol latérite de terreau sablonneux au pH de 5,5, avec 0,35 % de carbone organique, 35,50 kg / ha de phosphore disponible (P₂O₅) et 80,60 kg/ha de potassium disponible (K₂O). L'analyse chimique du sol est faite en suivant la méthode de Piper (1950). N, P et K sont appliqués sous forme respectivement d'urée, de super phosphate et de muriate de potassium. L'engrais azoté est appliqué en trois doses égales pendant les mois de juin, juillet et août. Les engrais de phosphore et de potasse sont appliqués en une dose pendant le mois de juin. De plus, on applique du fumier de ferme à raison de 6 MT / ha / année pendant le mois de juin avec une dose de NPK de base. L'expérience est conçue en blocs aléatoires avec treize traitements

* Centre for Integrated Sericulture Research, Central Silk Board, Jamuguri, Rowroiah, Jorhat - 785 005, Assam, Inde.

organisés en trois répétitions, chaque répétition ayant 24 plants. Les traitements comprennent cinq niveaux d'azote et quatre niveaux de phosphore et de potassium.

N0 = 0 kg N / ha / année	P 0 = 0 kg P / ha / année	K0 = 0 kg K / ha / année
N1 = 50 kg N / ha / année	P1 = 25 kg P / ha / année	K1 = 25 kg / ha / année
N2 = 100 kg N / ha / année	P2 = 50 kg P / ha / année	K2 = 50 kg K / ha / année
N3 = 150 kg N / ha / année	P3 = 75 kg P / ha / année	K3 = 75 kg K / ha / année
N4 = 200 kg N / ha / année		

Les traitements sont les suivants :

T1 = N1P1K1, T2 = N1P2K2, T3 = N1P3K3, T4 = N2P1K1, T5 = N2P2K2, T6 = N2P3K3, T7 = N3P1K1, T8 = N3P2K2, T9 = N3P3K3, T10 = N4P1K1, T11 = N4P2K2, T12 = N4P3K3, T13 = N0P0K0.

Les échantillons de l'étude sont recueillis selon la méthode d'échantillonnage aléatoire unique. Les échantillons foliaires sont recueillis 45 jours après l'application des engrais sur le terrain en excluant les feuilles tendres et trop mures dans chaque parcelle de traitement et dans les trois répétitions. Les composants chimiques comme l'humidité, les minéraux, les fibres brutes et les hydrates de carbone sont estimés par AOAC (1950). L'azote total dans les feuilles est déterminé avec la méthode de Kjeldahl et les protéines brutes sont calculées en multipliant la valeur estimée de la teneur en azote par 6,25.

Pour l'estimation de l'effet sur la nutrition, on élève et on lève des pontes saines de *A. mylitta* en trois répétitions de 100 vers chacune en suivant la technique d'élevage proposée par Jolly et coll. (1974) pendant la deuxième saison (sept – nov.). On utilise la méthode d'Arunachalam et Bandhopadhyay (1984) pour classer les différents traitements de NPK à l'étude en fonction de différents paramètres.

RESULTATS ET DISCUSSION

La moyenne de rendement foliaire sur deux années est présentée dans le Tableau I. Les résultats indiquent que l'effet des différentes combinaisons NPK est très significatif. Cette observation corrobore les études de Pain (1965) qui a aussi signalé un rendement plus élevé en feuilles de mûrier avec les combinaisons NPK qu'avec des traitements individuels (N, P et K) ou qu'avec la combinaison de deux nutriments principaux. Nous observons une différence significative de rendement foliaire avec les différentes doses d'azote essayées c'est à dire avec 0, 50, 100, 150 et 200 kg N/ha. L'augmentation du rendement foliaire est la plus élevée (37,14 %) avec les traitements T11 et T12 (32 289 kg par ha). Sur ces deux traitements, T11 c'est à dire N4P2K2 peut être considéré comme le meilleur en raison de ses plus faibles doses d'engrais.

Le tableau II présente la composition chimique moyenne de la feuille avec différents traitements en NPK. A l'exception des fibres brutes, la teneur en humidité, les protéines brutes, les hydrates de carbone totaux et les minéraux totaux sont significativement plus élevés chez les feuilles des plants traités que chez le témoin. Cette observation confirme l'étude de Ray et coll., (1973) qui ont aussi rapporté un effet significatif des niveaux d'azote sur l'humidité, les protéines brutes et la teneur totale en minéraux. Gupta et Das (1962) ont aussi observé un effet similaire de l'application de NPK par rapport à la teneur en protéines brutes du maïs. Pain (1965) a trouvé que l'application de NPK augmente de manière significative l'humidité, les protéines brutes et la teneur totale en hydrates de carbone de la feuille de mûrier. Il n'a pas trouvé également de différence significative pour la teneur en fibres brutes.

Les effets des différents traitements sur les caractères économiques de *A. mylitta* sont présentés dans le Tableau III. Il est évident d'après le Tableau III que l'alimentation des vers à soie avec des

feuilles de plants traités avec NPK a un effet favorable sur le poids larvaire en pleine croissance, le taux effectif d'élevage (E. R. R.), le poids du cocon, le poids de la coque et la richesse soyeuse (S. R.). Chez le ver à soie, la source d'azote pour la synthèse des protéines provient des feuilles dont il se nourrit. La quantité de protéines de soie est donc directement liée à la teneur en azote disponible dans les feuilles.

Le rôle du phosphore comme partie intégrante de plusieurs molécules des protéines et des lipides est bien connu ; il influence les activités physiques et métaboliques du ver à soie. De même, le corps de l'insecte a besoin de potassium pour son développement et son fonctionnement normal. Chez le ver à soie, le potassium du plasma est un composant inorganique majeur (Imms, 1963). Tous ces facteurs pourraient être responsables de l'augmentation du poids larvaire, du poids du cocon, du poids de la coque et de la richesse soyeuse (%). Sidhu et coll., (1969) ont aussi observé que les feuilles cultivées avec des engrais azoté, phosphoré et de la potasse améliorent la croissance larvaire, le rendement en cocons et d'autres caractères économiques. L'augmentation de l'ERR pourrait être due à l'amélioration de la qualité des feuilles (Tableau II) qui a une influence directe sur la santé, la croissance et la survie des vers à soie (Sinha et coll., 1986).

Les données du Tableau IV indiquent les résultats obtenus avec les treize différents traitements NPK à l'étude par rapport au rendement foliaire, aux constituants chimiques et aux caractères économiques obtenus avec la méthode d'Arunachalam et de Bandopadhyay (1984) où les valeurs les plus faibles signifient un classement plus élevé. Il est évident d'après ce tableau que parmi les différentes combinaisons de traitement NPK, T11 ($N_4P_2K_2$), c'est à dire l'application de NPK = 200 : 50 : 50 kg / ha / année est la meilleure combinaison.

On peut donc en déduire que parmi toutes les combinaisons NPK à l'étude, la combinaison $N_4P_2K_2$, c'est à dire l'application de NPK = 200 : 50 : 50 kg / ha / année est la meilleure pour le rendement foliaire et la qualité de *T. tomentosa* pour un sol acide latérite d'argile sablonneuse faible en carbone organique et en potassium disponible et moyen en phosphore disponible.

PLANTLET REGENERATION FROM BINODAL EXPLANTS OF *LITSAEA POLYANTHA* JUSS. - A TREE

ALKA SRIVASTAVA, GEETIKA & PK DAS*

In vitro culture and Plant Genetics Unit, Department of Botany, University of Lucknow,
Lucknow U.P. 226 007, India.

Litsaea polyantha Juss. a member of family Lauraceae owes its importance to the fact that its leaves are consumed by muga silkworm *Antheraea assama* (Ww) as food. *In vitro* investigations revealed that the nodes are best suited as explant for plantlet regeneration, though there was a marked difference in the behaviour of uninodal and binodal explants. Uninodal explants showed callusing along with independent root and shoot development, whereas complete plantlets were recovered from binodal explants in NAA, Kinetin and BAP supplemented MS (1962) medium.

Key Words : Uninodal, binodal, muga silk, regeneration, protocol.

Abbreviations: **NAA** - α -Naphthalene acetic acid

BAP - Benzyl amino purine

Kn - Kinetin

INTRODUCTION

Litsaea polyantha Juss a member of family Lauraceae is a small deciduous tree, 20 to 40 feet in height, found from the Punjab and the salt range in the west of India, along the foothills of the Himalayas where it ascends to 3,000 feet, eastward to Assam and Burma and southwards to the Satpura range and Coromandel. It owes its importance to the fact that it is a food plant for the muga silkworm, *Antheraea assama* (Ww). Muga silk is indigenous to the Assam valley in India, thus making India the only country in the world bestowed with all the four silk types-eri, tasar, mulberry and muga.

Trees from three to five year old are considered the best for rearing of the muga worm. Propagation of soalu is carried out through seeds or vegetative methods. Seed propagation generates a major problem in the form of segregation of characters and is therefore avoided. Seed channelization is a major problem in muga culture. Collection method for seeds, their protection as well as basic needs for germination are not properly worked out (Raja Ram, 1997; Sahu *et al*, 1997). Vegetative methods like grafting and air layering are reported but they do not have 100% success rate due to heavy infection and attack of pests. Yadava and Goswami (1994a,b) have found grafting and air layering successful only under very specific conditions. The plantation size has therefore always remained small, resulting in very low production of silk. Silk produced is golden fawn in colour and it sustains washing much better than any other silk type. Keeping in mind the constraints in the propagation methods of the muga food plant, development of *in vitro* methods for true to type propagation becomes a necessity and the present investigation highlights the comparative *in vitro* response of different plant parts of *Litsaea* and the effect of explant size on the regenerative ability.

* Regional Muga Research Station, Boko, Assam, India.

MATERIALS AND METHODS

Murashige and Skoog (1962) medium supplemented with 3% sucrose, 0.7% agar and various combinations of growth regulators was used for inducing regeneration in explants of *Litsaea polyantha*, plants of which were raised from cuttings brought from Regional Muga Research Station, Boko, Assam. Explants were surface sterilized prior to inoculation on to the media. They were sequentially rinsed with running water for 1 hr, Tween -80 for 15 minutes followed by distilled water till all traces of the biological detergent were removed. Sequential washing with 70% ethanol, and 0.04% HgCl₂, each followed by rinsing with water was done. As the explants were found to be heavily contaminated, they were subjected to a quick pulse treatment with 0.1% HgCl₂. This disinfested the explants but did not harm them. Shoot segments with single node and two nodes were used as explants and the experiment was run in three replicates with the cultures maintained at 25° C.

RESULTS AND DISCUSSION

Various combinations of growth regulators were used in varying concentrations, but response was obtained in very limited combinations of growth regulators (Tables I, II). Most of them promoted callusing from the explants, with the relative amount of callus invariably increasing with increase in the amount of Kn in the medium. Rhizogenesis was observed in internodal explant in 2 mg/l IBA supplemented MS medium but did not evoke any organ development in the nodal explant. The nodal region responded best in BAP (0.5 mg/l), Kn (1 mg/l) and NAA (0.5 mg/l) supplemented MS (1962) medium (Table III). Variations of this combination did not produce desired results but shifted towards callusing when concentration of either of the cytokinins was increased.

However, a change in the length of the node, increasing it to accommodate two axillary buds showed a marked trend of organ formation. The length of the explant at the time of inoculation was 2.25 cm. There was callus initiation in the axil of the lower node. Callus kept on growing till it covered the entire lower node. After about 20 days, leafy shoot bud like structures sprouted in the upper node region. By 25 days, prominent growth took place, leading to a shoot axis bearing prominent leaves. The binodal explants responded in 70% of the cultures as early as 6-7 days, the initial growth being in the form of callus. 28% of these cultures showed the formation of multiple shoots while 57% produced only one shoot per culture. The shoots formed were healthy and green and showed a fast rate of growth reaching a length of 5 cm in 4 weeks time. The shoots were followed by root formation in the same medium. The roots were white and strong with a circumference of around 0.4 mm., and grew rapidly to attain 6-7 cm of length. A total of 52 days was needed for formation of the entire plantlet.

Clonal stability is a major consideration in micropropagation. Genetic uniformity is maintained by propagating plants by means of axillary branching induced by cytokinins (George and Sherrington, 1984). Most of the woody plants show poor response *in vitro* as compared to herbaceous species. Factors contributing to this are poor growth (Linington, 1991), latent pathogens (Bonga and Durzan, 1982), vitrification and basal callusing. (Monsalud *et al*, 1995), apical dominance (Marks and Simpson, 1994) and excessive phenolic exudation and difficulty in rooting (Noiton *et al*, 1992). Plantlet regeneration from mature tree explants is a difficult job, though the best to retain clonal stability of the plant.

Nodal explants (0.5–0.8 cm. long) taken from two year old shrubs of guyayule, (*Parthenium argentatum* Gray.) when cultured on MS medium supplemented with different concentrations of Kn, BAP, 2,4-D, 2,4-D + BAP, NAA and NAA + BAP produced callus and shoots simultaneously, in varying frequencies (Dhar *et al*, 1989).

Table I. Callusing response of *Litsaea polyantha* Juss. leaf explants in MS(1962) medium supplemented with growth regulators.

Tableau I. Réponse en cals à partir d'explants foliaires de *Litsaea polyantha* dans du milieu MS (1962) additionné de régulateurs de croissance.

Growth regulators		Days of initiation	Callusing response		
			15 days	30 days	45 days
<i>Régulateurs de croissance</i>	<i>Nombre de jours nécessaires</i>		<i>Réponse "cals"</i>		
			<i>15 jours</i>	<i>30 jours</i>	<i>45 jours</i>
NAA					
1mg/l		-	-	-	-
2mg/l		-	-	-	-
3mg/l		-	-	-	-
4mg/l		17	++	+++	+++
IBA					
0.5mg/l		-	curling / recourbement	-	-
1mg/l		-	curling / recourbement	-	-
2mg/l		-	-	-	-
4mg/l		-	-	-	-
2,4-D					
0.5mg/l		-	-	-	-
2mg/l		17	++	++	+++
4mg/l		37	+	+++	++++
5mg/l		37	+	++	++++
IAA					
2 mg/l		46	++	++	+++
Kinetin					
	NAA				
2mg/l	1mg/l	42	++	+++	++++
3mg/l	1mg/l	54	+	++	+++
2mg/l	4 mg/l	38	++	+++	++++
Kinetin					
	IAA				
1mg/l	3 mg/l	46	+	++	++
1.5mg/l	0.5mg/l	30	++	+++	+++
3mg/l	1mg/l	30	+	++	+++
3mg/l	2mg/l	57	+	+	++
BAP					
	IAA				
2mg/l	5mg/l	38	+	++	++
2mg/l	2mg/l	57	+	+	+
BAP					
	NAA				
1mg/l	4mg/l	54	++	+++	+++
1.5mg/l	5mg/l	46	++	+++	+++
3 mg/l	1mg/l	38	++	++	+++
3mg/l	4 mg/l	54	++	+++	++++

(+ Initiation of callus / Début des cals ; ++ Moderate callus / Cals modérés; +++ Good callus / Bons cals; ++++ Profuse callus/ Cals abondants)

Table II. Response of different explants *Litsaea polyantha* Juss. in MS (1962) medium supplemented with growth regulators**Tableau II. Réponse de différents explants de *Litsaea polyantha* Juss dans du milieu MS (1962) additionné avec des régulateurs de croissance.**

Explant	Growth regulators (mg/l)		Days to initiation	Percentage response	Amount			
					15 days	30days		
	Régulateurs de croissance (mg/l)				Nbre de jours nécessaires	Pourcentage de réponse	Quantité	
							15 jours	30 jours
Leaf / Feuille	BAP	NAA						
	1.5	1	46	70	++	+++		
	3	1	38	90	++	+++		
Apical / Apical	NAA							
	1		32	60	+	++		
	IBA							
	1		30	60	+	+		
	2,4-D							
Node / Noeud	4		35	60	+	+		
	BAP	NAA						
	0.5	0.5	30	40	+	++		
	BAP	NAA	Kn					
	1	0.5	0.5	25	60	+++		
	BAP	NAA						
	1	1	15	50	++	+		
	BAP	NAA	Kn					
Internode Internoeud	1	0.5	0.5	20	70	++++		
	IBA							
	2		20	60	++	++		
	BAP	NAA						
Internode Internoeud	1	1	25	70	++	+++		
	BAP	NAA	Kn					
	1	0.5	0.5	25	70	++++		

(+ Initiation of callus / Début des cals ; ++ Moderate callus / Cals modérés ; +++ Good callus / Cals de qualité ; ++++ Profuse callus / Cals abondants)

Table III. Comparative response of uninodal and binodal explants of *Litsaea polyantha* in Murashige and Skoog (1962) medium.

Tableau III. Réponse comparative d'explants de *Litsaea polyantha* à un noeud et deux noeuds dans du milieu de Murashige et Skoog (1962).

Growth regulator (mg/l)	Explant	RESPONSE					
		3 weeks			6 weeks		9 weeks
		% response	Type of response	Days to initiation	No. of S/R	Length (cm)	Length (cm)
Régulateur de croissance (mg / l)		REPOSSE					
		3 semaines			6 semaines		9 semaines
		% de réponse	Type de réponse	Nbre de jours nécessaires	Nbre de S/R	Longueur (cm)	Longueur (cm)
BAP 0.5	Explant with one axillary bud (node)	30	C	18			
Kn 1.0	Explant avec un bourgeon axillaire (noeud)	10	C, S	C- 18	1/culture S- 40	0.8	1.5
NAA 0.5		8	C, R	C-18 R- 42	2 / culture	2.5	5.5
	Explant with two axillary buds (node)	70	C	C-7			
	Explant avec deux bourgeons axillaires (noeuds)	40 of 70	C, S	C- 7 S-20	1 / culture	3.0	6.7 28.5 % rooted 28,5 % racinent
		28 of 70	C, MS	C- 7 MS - 27	2-4 / culture	1.5	4.0 5.6% rooted 5,6 % racinent
		20 of 70	C, R	C- 7 R- 42	2-6 / culture		

C – Callus / cal , R- Root / racine , S – Shoot / pousse, MS- Multiple shoots / pousses multiples.

Zaman *et al.*, (1995) have reported proliferation of multiple shoots from shoot tip and nodal explants of *Morus alba* (L) when cultured on Murashige and Skoog's medium supplemented with growth regulators. They also reported better response of nodal explants as compared to shoot tip explants, the difference being accounted for by the variation in the physiological status of the buds on different regions of the stem (Vieitez *et al.*, 1985).

Nodal explants have been successfully used for efficient clonal multiplication of *Vanilla planifolia* by George and Ravishankar (1997) using 1.5 to 2.0 cms. long stem node sections, each with a dormant axillary bud. Multiple shoots developed from these explants on semi-solid MS medium with 2mg/l BA and 1mg/l NAA.

In *Bacopa monniera*, axillary buds of the nodal explants initiated growth within 2- 3 days of culture. One of the two buds present on a node developed into a shoot, while the other bud showed only limited growth. Within 10 days, one to three healthy roots originated from the explant (Tiwari *et al.*, 1998).

Deshpande *et al.* (1998) have reported multiple shooting from nodal explants of mature *Ficus religiosa* plants. Shibata *et al.* (1996) report formation of shoots with number of leaves in *Croton subyranus* Kwiz. Kumar and Seeni (1998) have rooted microshoots on ½ strength Murashige and Skoog (1962) medium supplemented with IBA in *Aegle marmelos* from 25 year old tree. Complete plantlet formation using uninodal explant was not obtained in *Litsaea polyantha* Juss. but binodal explant produced strong and healthy plantlets after an average of 52 days. Rao *et al.* (1998) have reported similar results in *Excoecaria agallocha* of Euphorbiaceae. Axillary sprouting was observed after 3 weeks in BAP, IBA and Zeatin supplemented medium. 85% of these shoots rooted in 0.23 micromoles of IBA. Lakshmanan *et al.* (1997) have also reported specific requirement of the explant i.e. decapitated shoot with three nodes as the best responding explants for shoot proliferation in *Ixora coccinea* L., a woody ornamental when cultured over WPM having 2.5 µm BA.

Thus, successful plantlets can be obtained in *Litsaea polyantha* Juss. using binodal explants. *In vitro* methods can expedite the propagation rate and also help in raising clonal populations, which would not be possible through normal seed propagation. Besides, once *in vitro* methods are established they can be used for various applied purposes, especially for *in vitro* induction of variability to select for disease resistance and also nutrition parameters.

REFERENCES

- BONGA J.M. & DURZAN D. J. (1982) Tissue culture in forestry. Martinus Nijhoff/ Dr.W. Junk Publ. The Hague.
- DESHPANDE S. R., JASE KUTTY P. C. & PRATHAPASENAN G. (1998) Plant regeneration from axillary buds of a mature tree of *Ficus religiosa* Plant Cell Reports 17: 571-573
- DHAR A. C., KAVI KISHOR PB & RAO A. M. (1989) In vitro propagation of guayule (*Parthenium argentatum*) – a rubber yielding shrub Plant Cell Reports 8: 489-492
- GEORGE P. S. & RAVISHANKAR GA (1997) In vitro multiplication of *Vanilla planifolia* using axillary bud explants Plant Cell Reports 16: 490-494
- GEORGE EF & SHERRINGTON P. D. (1984) Plant propagation by tissue culture. Exegetics Ltd. Reading, England.
- KUMAR AJITH & SEENI S. (1998) Rapid clonal multiplication through invitro axillary shoot proliferation of *Aegle marmelos* (L.) Corr., a medicinal tree. Plant Cell Reports 17: 422-426
- LAKSHMANAN P., LEE C. L. & GOH C. J. (1997) An efficient in vitro method for mass propagation of a woody ornamental *Ixora coccinea* L. Plant Cell Reports 16: 572-577
- LININGTON I. M. (1991) In vitro propagation of *Dipterocarpus alatus* and *Dipterocarpus intricatus* Plant Cell, Tissue and Organ culture, 27: 81-88
- MARKS T. R. & SIMPSON S. E. (1994) Factors affecting shoot development in apically dominant *Acue* cultivars invitro. Jour. Hort. Sci. 69:543-55
- MONSALUD M. J., MATHEWS H., LITZ R. E. & GRAY DJ (1995) Control of hyperhydricity of mango somatic embryos Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 42: 195-206
- MURASHIGE T. & F. Skoog (1962) A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures Physiol. Plant 15: 473-497

- NOITON D., VINE J. H. & MULLINS M. G. (1992) Effect of serial subculture in vitro on the endogenous levels of indole 3-acetic acid abscisic acid on rootability of rooted cuttings of "Jonathan apple". *Plant Growth Regulators* 11: 377-383
- RAJA RAM (1997) Collection of seeds of muga food plants and their protection *Indian Silk* 36(2):50-51
- RAO C. S., EGANATTAN P., ANAND A., BAL KRISHNA P. & REDDY T. P. (1998) Protocol for in vitro propagation of *Excoecaria agallocha* L., a medicinally important mangrove species. *Plant Cell Reports* 17: 861-865
- SAHU A. K., KUMAR N. & DAS P. K. (1997) Status of muga seed sector *Indian Silk* 35(12): 29-32
- SHIBATA WATARER, MURAI F., ABHIYANA T., SRIPHAL M., MATAUGNAGA E. & MORIMOTO H. (1996) Micropropagation of *Croton subbryatus* Kurz. — a tropical tree of medicinal purpose *Plant Cell Reports* 16:147-152
- TIWARI V., SINGH B. D. & TIWARI K. N. (1998) Shoot regeneration and somatic embryogenesis from different explants of Brahmi (*Bacopa monniera* (L.) Wettst.) *Plant Cell Reports* 17: 538-543
- VIEITEZ A. M., CARMEN S. M. & VIEITEZ E (1985) In vitro plantlet regeneration from juvenile and mature *Quercus robevi* L. *Jour. Hort. Sci.* 60: 99-106
- YADAVA G. S. & GOSWAMI B. C. (1994 a) Grafting in soalu (*Litsaea monopetala* (Roxb)pers.) A new and successful approach under intermittent condition. *Acta Botanica Indica* 19(2):267-268
- YADAVA G. S. & GOSWAMI B. C. (1994 b) Studies on seasonal variation in air-layering of *Litsaea polyantha* Juss. *Acta Botanica Indica* 19(1):87-89
- ZAMAN A, ISLAM R, HOSSAIN M, BARI MA & JOARDER OI (1995) In vitro shoot proliferation of *Morus alba* cv BM2 Effect of different seasons and plant types *Bull. Seric. Res.*, 6:29-32

REGENERATION DE PLANTS A PARTIR D'EXPLANTS BINODaux DE L'ARBRE *LITSAEA POLYANTHA* JUSS.

ALKA SRIVASTAVA, GEETIKA & P. K. DAS*

In vitro culture and Plant Genetics Unit, Department of Botany, University of Lucknow,
Lucknow, U. P. 226 007, Inde.

Litsaea polyantha Juss. un membre de la famille des Lauraceae doit son importance au fait que ses feuilles sont consommées par le ver à soie muga *Antheraea assama* (Ww). Les études *in vitro* révèlent que les bourgeons sont mieux adaptés comme explant pour la régénération, bien qu'il y ait une différence de comportement marquée entre les explants uninodaux et binodaux. Les explants uninodaux présentent une formation de cals avec une racine indépendante et un développement de pousse, tandis qu'on obtient des plants complets à partir d'explants binodaux dans du MS (1962) additionné avec du NAA, de la kinétine et du BAP.

Abréviations :

NAA – Acide acétique α -naphthalène.

BAP – Purine d'aminée benzyl.

Kn – Kinétine.

INTRODUCTION

Litsaea polyantha Juss, un membre de la famille des Lauraceae est un petit arbre à feuilles caduques, de 0,60 à 1,20 mètre de hauteur, que l'on trouve dans le Punjab et la région salée de l'ouest de l'Inde, et dans les collines au pied de l'Himalaya à 900 mètres, à l'est de l'Assam et du Burma et au sud de la région de Satpura et de Coromandel. Il doit son importance au fait qu'il est la plante hôte du ver à soie muga, *Antheraea assama* (Ww). La soie muga est propre à la vallée de l'Assam, ce qui fait de l'Inde le seul pays doté des quatre types de soie – eri, tasar, mûrier et muga.

Les arbres entre trois et cinq ans sont les meilleurs pour l'élevage du ver muga. La multiplication du Soalu se réalise grâce aux graines ou à des méthodes végétatives. La multiplication avec les graines entraîne des problèmes majeurs en raison de la ségrégation des caractères et doit donc être évitée.

Il n'existe pas de méthodes précises de recueil et de protection des graines ni de techniques de base pour la germination (Raja Ram, 1997 ; Sahu et coll., 1997). Des méthodes végétatives comme la greffe et le marcottage existent mais elles n'ont pas un taux de réussite de 100 % en raison du taux élevé d'infestation et d'attaque par les parasites. Yadava et Goswami (1994a, b) ont trouvé que la greffe et le marcottage ne réussissent que dans des conditions très spécifiques. La taille des plantations est donc toujours restée petite, avec pour conséquence une production de soie très faible. La soie produite est de couleur jaune doré et elle supporte le lavage bien mieux que n'importe quel autre type de soie. En raison des contraintes des méthodes de multiplication avec la plante hôte du muga, il est

* Regional Muga Research Station, Boko, Assam, Inde.

nécessaire de mettre au point des méthodes *in vitro* pour obtenir une multiplication fidèle et cette étude se penche sur la culture de différentes parties de la plante *Litsaea in vitro* et sur l'effet de la taille de l'explant par rapport à la capacité de régénération.

MATERIELS ET METHODES

On a utilisé du milieu de Murashige et Skoog (1962) additionné avec 3 % de saccharose, 0,7 % d'agar et plusieurs combinaisons de régulateurs de croissance pour induire la régénération d'explants de *Litsaea polyantha*, à partir de plants provenant de boutures de la Regional Muga Research Station, à Boko dans l'Assam. La surface des explants est stérilisée avant l'inoculation sur les milieux. Ils sont rincés l'un à la suite de l'autre avec de l'eau du robinet pendant 1 heure, du Tween-80 pendant 15 minutes, puis avec de l'eau distillée jusqu'à ce que toutes les traces du détergent biologique disparaissent. On les lave ensuite chacun successivement avec de l'éthanol à 70 % et du HgCl₂ à 0,04 % et on les rince ensuite avec de l'eau. Comme il s'avère que les explants sont très contaminés, ils sont soumis à un traitement pulsé rapide avec de l'HgCl₂ à 0,1 %. Cela désinfecte les explants mais ne les endommage pas. On utilise des segments de pousse avec un nœud et deux nœuds comme explants et on fait trois répétitions de l'expérience avec les cultures qui sont maintenues à 25° C.

RESULTATS ET DISCUSSION

On utilise des combinaisons variées de régulateurs de croissance avec des concentrations variées, mais on obtient une réponse avec un nombre limité de combinaisons de régulateurs de croissance (Tableaux I et II). La plupart d'entre eux promeuvent la formation de cals à partir des explants et la quantité de cal augmente invariablement avec l'augmentation de la quantité de Kn dans le milieu. On observe une rhizogénèse avec l'explant internodal quand le milieu MS est additionné de 2 mg / l d'IBA mais pas de développement d'organe avec l'explant nodal. La zone nodale répond le mieux dans du milieu MS (1962) additionné avec du BAP (0,5 mg / l), du Kn (1 mg/l) et du NAA (0,5 mg / l) (Tableau III). Les variations de cette combinaison ne donnent pas les résultats désirés mais se dirigent vers une formation de cals quand on augmente la concentration d'une des cytokines.

Cependant, quand on prend un nœud plus long de manière à ce qu'il puisse contenir deux bourgeons axillaires, cela entraîne une tendance marquée vers la formation d'organe. La longueur de l'explant au moment de l'inoculation est de 2,25 cm. Il y a une formation de cal sur l'aisselle du nœud inférieur. Le cal continue à pousser jusqu'à ce qu'il couvre tout le nœud inférieur. Après environ 20 jours, des structures ressemblant à des bourgeons de pousse feuillus apparaissent dans la zone du nœud supérieur. Au bout de 25 jours, une croissance importante se produit, entraînant une pousse axillaire aux feuilles abondantes. Les explants binodaux répondent pour 70 % des cultures au bout de 6 à 7 jours, la croissance initiale ayant lieu sous forme de cal. Vingt-huit % de ces cultures présentent une formation de pousses multiples tandis que 57 % ne produisent qu'une pousse par culture. Les pousses qui se forment sont saines et vertes et présentent un taux de croissance rapide et atteignent une longueur de 5 cm en 4 semaines. Les pousses sont suivies par une formation de racine dans le même milieu. Les racines sont blanches et fortes avec une circonférence d'environ 0,4 mm et croissent rapidement pour atteindre 6 à 7 cm de longueur. Il faut au total 52 jours pour la formation du plant entier.

La stabilité clonale est la préoccupation majeure de la micro-multiplication. L'uniformité génétique est maintenue en multipliant les plants par ramification axillaire induite par des cytokines (George et Sherrington, 1984). La plupart des plantes ligneuses présentent une mauvaise réponse *in vitro* par rapport aux espèces herbacées. Les facteurs qui contribuent à cela sont la mauvaise croissance (Linington, 1991), les pathogènes latents (Bonga et Durzan, 1982), la vitrification et la formation de cals de base (Monsalu et coll., 1955), la dominance apicale (Marks et Simpson, 1994), une exsudation phénolique excessive et la difficulté de racinement (Noiton et coll., 1992). La régénération de plants

à partir d'explants matures d'arbres est une tâche difficile, bien qu'elle soit la mieux adaptée pour conserver la stabilité clonale de la plante.

Les explants nodaux (0,5 à 0,8 cm de long) de buissons de guyayule âgés de 2 ans (*Parthenium argentatum* Gray.) cultivés sur du milieu MS additionné avec différentes concentrations de Kn, de BAP, de 2,4-D + BAP, de NAA et de NAA + BAP donnent simultanément un cal et des pousses à des fréquences variées (Dhar et coll., 1989).

Zaman et coll., (1995) ont rapporté une prolifération de pousses multiples à partir de l'extrémité de pousse et des explants nodaux de *Morus alba* (L) quand on les cultive sur du milieu de Murashige et Skoog additionné avec des régulateurs de croissance. Ils ont aussi signalé une meilleure réponse des explants nodaux comparés aux explants provenant d'extrémités de pousses, la différence venant de la variation de l'état physiologique des bourgeons sur les différentes zones de la tige (Vieitez et coll., 1985).

George et Ravishankar (1997) ont utilisé des explants nodaux avec succès pour une multiplication clonale efficace de *Vanilla planifolia* en utilisant des sections de tige de 1,5 à 2 cm, ayant chacune un œil dormant. Des pousses multiples se développent à partir de ces explants sur un milieu MS mi-solide avec 2 mg / l de BA et 1 mg / l de NAA.

Chez *Bacopa monniera*, les bourgeons axillaires des explants nodaux commencent leur croissance au bout de 2 à 3 jours de culture. L'un des deux bourgeons présents sur un nœud se développe en pousse tandis que l'autre bourgeon présente seulement une croissance limitée. En dix jours, une à trois racines saines émanent de l'explant (Tiwarei et coll., 1998).

Deshpande et coll., (1998) ont rapporté une formation de pousses multiples à partir des explants nodaux de plants matures de *Ficus religiosa*. Shibata et coll. (1990) ont observé une formation de pousses avec un certain nombre de feuilles chez *Croton subryratus* Kwiz. Kumar et Seeni (1998) ont raciné des micro-pousses sur un milieu de Murashige et Skoog (1962) demi concentré additionné avec de l'IBA chez *Aegle marmelos* avec un arbre âgé de 25 ans.

On n'obtient pas de formation complète de plant en utilisant un explant uninodal de *Listaea polyantha* Juss. mais l'explant binodal donne des plants forts et sains après une moyenne de 52 jours. Rao et coll., (1998) ont rapporté des résultats similaires chez *Excoecaria agallocha* de la famille des Euphorbiaceae. On obtient une germination axillaire après 3 semaines dans un milieu additionné de BAP, d'IBA et de zéatine. 85 % de ces pousses racinent dans l'IBA 0,23 micromolaire. Lakshmanan et coll., (1997) ont aussi rapporté une particularité de l'explant, c'est à dire que chez *Isora coccinea* L., une plante ligneuse ornementale, la pousse décapitée avec trois nœuds est le meilleur explant pour la prolifération de la pousse quand on la cultive sur du WPM avec 2,5 µm de BA.

Ainsi, on peut réussir à obtenir des plants de *Listaea polyantha* Juss. en utilisant des explants binodaux. Les méthodes *in vitro* peuvent accélérer le taux de multiplication et aussi permettre d'obtenir des populations clonales, ce qui ne serait pas possible avec une multiplication normale avec des graines. De plus, une fois établies, les méthodes *in vitro* peuvent être utilisées pour des applications variées, surtout pour l'induction de la variabilité *in vitro* dans le but de sélectionner une résistance à des maladies ou aussi des paramètres de nutrition.

EVALUATION OF AZADIRACTIN AGAINST *NOTOLOPHUS ANTIQUA* LINN. (LEPIDOPTERA:LYMANTRIIDAE) – A PEST OF PRIMARY TASAR FOOD PLANTS

S.P. SHARMA, RAM KISHORE AND K.THANGAVELU

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi-835303, India.

The Notolophus antiqua Linn. commonly known as vapourer tussock moth, is a major pest of primary tasar food plants namely, *Terminalia arjuna* Bedd. and *T. tomentosa* W&A causing considerable damage to the foliage and ultimately reduce the rearing capacity for tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D. (Lepidoptera:Saturniidae). Azadirachtin was evaluated for its insecticidal and growth inhibitory effects against final instar larvae of *N. antiqua*. Larval feeding on Azadirachtin treated leaves resulted in larval mortality and various degree of growth disruption in pupal and adult stages in a dose – dependent manner. The study deals with the use of non-wood products of neem (*Azadirachta indica* A.Juss) in judicious management of *N. antiqua* thereby minimizing crop loss and load of insecticides in the forest ecosystem. The safe period for use of Azadirachtin was worked out to be 5 days for tasar silkworm, *Antheraea mylitta* D.

Keywords: *Notolophus antiqua*, *Antheraea mylitta*, *Terminalia arjuna*, *T. Tomentosa*, Azadirachtin.

INTRODUCTION

The potential of non-wood products of neem tree in disrupting nutrition, reproduction, metamorphosis and in affecting the normal behaviour of insects could be exploited in the management of insect pests as an ecofriendly alternative to the conventional pesticide use (Joseph, 2000). The use of Azadirachtin is now gaining momentum due to its antifeedant and growth disrupting properties for most insect pests (Schmutterer, 1990). The seasonal variation, life cycle and control measures of *N. antiqua* have been studied (Singh, & Thangavelu, 1992; Thangavelu & Singh, 1993; 1994).

The young larvae of *N. antiqua* feed by nibbling the leaf and exhibiting chlorophyll eaten surface of the leaves. Final instar caterpillars consume the whole leaf. Singh, *et.al.*, (1991) quantified the damage to the foliage of tasar food plants to the extent of 80-90% by *N. antiqua* at Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi field during August-September 1989 and recommended 0.1% dichlorvos for its effective control. In the present study an attempt has been made to assess the efficacy of Azadirachtin to the final instar larvae of *N. antiqua*.

MATERIALS AND METHODS

The eggs of *N. antiqua* laid on the *T. arjuna* leaves were collected from the field and brought to the laboratory. Culture of *N. antiqua* was maintained by providing *T. arjuna* leaves as food. Final instar larvae 6 hour after moulting were used in the present study. Different concentrations of Azadirachtin (1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 and 9.0 ppm) were prepared by dissolving required quantities (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0 ml) of Amrutguard solution (AI- 0.03% Azadirachtin) separately and making up each 100 ml using distilled water. Healthy leaves collected from the field were dipped for five minutes in

different concentration of Azadirachtin separately, left to dry in air for half an hour and then placed in plastic boxes (5 cm dia. and 60 cm height) alongwith larvae of *N. antiqua* (5 larvae/boxes; 5 replicates / concentration for 24 hours as per the methodology followed by Joseph, 2000. The leftout leaf parts thereof were removed. The larvae were allowed to remain in their boxes without leaves for about 2 hours so that they could void all their faeces. The experiment was continued for one more day with Azadirachtin treated fresh leaves and on the subsequent days the larvae were fed with untreated leaves till the termination of the feeding phase. The control larvae were fed with water treated leaves for first two days and then on untreated leaves. Both treated and control larvae were observed for mortality and development to pupae and adults. During the experiment the average maximum and minimum temperature were 26°C and 18°C respectively and relative humidity was 85%. The data so collected were analysed statistically (Kempthorne 1952; Fisher & Yates, 1963).

In order to find out the safe period for the use of Azadirachtin, 500 healthy worms of *A. mylitta* D. in 5 replications were brushed on *T. arjuna* leaves after 1, 2, 3, 4, and 5 days of application of 6.0 ppm of Azadirachtin. Control was also maintained for each treatment for comparison. Mean mortality was recorded after 24, 48, 72, 96 and 120 hours of brushing.

RESULTS AND DISCUSSION

Larvae fed on Azadirachtin treated leaves resulted in different degree of mortality due to its antifeedant and growth inhibitory properties (Table I).

Table I. Effect of Azadirachtin on larval survival, growth and development in *Notolophus antiqua* Linn. a major pest of primary tasar food plants.

Tableau I. Effet de l'azadiractine sur la survie, la croissance et le développement larvaires chez Notolophus antiqua Linn., un parasite majeur des plantes hôtes primaires du tasar.

Conc. (ppm)	Surviving larvae on day 5	Larval-pupal intermediates	Normal pupae	Normal moths	Deformed moths	Larval period (days)	Pupal period (days)
	<i>Larves survivantes le 5ème jour</i>	<i>Intermédiaires larve-nymphé</i>	<i>Chrysalides normales</i>	<i>Papillons normaux</i>	<i>Papillons déformés</i>	<i>Durée larvaire (jours)</i>	<i>Durée de la chrysalide (jours)</i>
1.5 n=25	22 (88)	3 (12)	18 (72)	11 (44)	5 (20)	9.9 ± 0.65	8.5±0.41
3.0 n=25	18 (72)	4 (16)	12 (48)	4 (16)	6 (24)	10.6 ± 0.41	8.7 ± 0.27
4.5 n=25	16 (64)	6 (24)	8 (32)	2 (8)	5 (20)	11.0 ± 0.50	9.2 ± 0.52
6.0 n=25	11 (44)	7 (28)	3 (12)	0 (0)	3 (12)	11.4 ± 0.54	9.5 ± 0.70
7.5 n=25	9 (36)	4 (16)	2 (8)	0 (0)	2 (8)	11.70 ± 0.57	10.2 ± 0.35
9.0 n=25	8 (32)	4 (16)	2 (8)	0 (0)	2 (8)	12.4 ± 0.22	10.75 ± 0.35
Control N=25	24 (96)	0 (0)	23 (92)	22 (88)	0 (0)	9.5 ± 0.27	8.5 ± 0.65

N = Total number of final instar larvae used / *Nombre total de larves du dernier âge utilisées*. Figures in parenthesis indicate the percentage. / *Les figures entre parenthèses indiquent le pourcentage.*

Table II. Safe period of Azadirachtin for tasar silkworm *A. mylitta*.**Tableau II. Période sans risque après utilisation d'azadiractine pour le ver à soie tasar *A. mylitta*.**

Treatments	Time interval between Azadirachtin treatment and brushing (days)	Cumulative mean mortality percentage after				
Traitements	Intervalle de temps entre le traitement à l'azadiractine et la levée (jours)	Pourcentage de mortalité moyenne cumulé après				
		24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
T ₁	1	6.33 (3.63)	10.0 (5.74)	15.68 (9.02)	18.68(10.77)	22.01(12.71)
T ₂	2	5.67 (3.25)	9.0 (5.16)	13.08 (7.86)	16.01 (9.21)	17.01 (9.79)
T ₃	3	5.33 (3.06)	7.67 (4.40)	12.33 (7.09)	14.00 (8.05)	15.00 (8.63)
T ₄	4	2.67 (1.57)	4.67 (2.67)	8.33 (4.78)	11.00 (6.32)	13.00 (7.47)
T ₅	5	0.67 (0.76)	1.33 (0.76)	3.00 (1.72)	3.33 (1.91)	4.33 (2.48)
C	-	0.67 (0.38)	1.33 (0.76)	2.3 (1.34)	3.00 (1.72)	3.00 (1.72)
CD at 5%		1.56	1.74	2.81	3.21	2.61

The figures in the parenthesis indicate the mean data after angular transformation. / Les figures entre parenthèses indiquent les données moyennes après transformation angulaire.

Results also indicate the influence of Azadirachtin in increasing the larval and pupal duration in a dose dependent manner. No normal adult emergence was recorded up to 6.0 ppm concentration while in control, as high as 88% normal moths were emerged which reflect the effectiveness of the treatment in suppressing the population buildup of *N. antiqua*. These results are consistent with the previous reports on lepidopteran species (Sridhar and Chetty, 1989; Koul and Isman, 1991; Sahayaraj, 1998; Joseph, 2000). Feeding deterrence due to neem compounds is explained by behavioural antifeedant effect perceived by the peripheral chemoreceptors in insects and also due to the action of neem compounds on the centres that control gut mobility and metabolism (Schoonhoven, 1981; Simmonds and Blaney, 1984; Schluter and Schulz, 1984; Mordue *et al.*, 1985; Dorn and Trumm, 1993). Results also indicate that Azadirachtin is effective in inhibiting larval growth and inducing pupal and adult deformities in *N. antiqua*. Such growth inhibitory properties of Azadirachtin, ranging from delay in moulting with the emergence of deformed insects, to the complete inhibition of growth at higher doses have been reported in various insects (Schmutterer, 1990). Dose-dependent inhibition of larval growth and morphogenesis in *N. antiqua* could be accounted to reduced physiological age brought about by reduced food intake and weight gain due to antifeedant role of Azadirachtin as

reported in *Heliothis virescens* (Barnby & Klocke, 1987). The emergence of deformed adults with distorted crippled wings is mainly due to the failure of the rupture of longitudinal and transverse moulting sutures to different level. The moulting phenomena is controlled by endocrine system and Azadirachtin interfere with the normal function of the endocrine system of insects (Rembold *et.al.*, 1982; Karnwar, 1987). The present finding revealed that 6.0 ppm of Azadirachtin act as biopesticide and growth regulator or disruptor which thereby suppress the population buildup of *N. antiqua*.

The data for assessing the safe period of Azadirachtin are presented in Table II. Results reveal that percent mortality of tasar silkworm larvae decreases with the increase in interval period between application of Azadirachtin and brushing. Significant difference was not observed in mortality percentage of tasar silkworm larvae after 5 days of spray as compared to control which indicate that silkworm rearing could be successfully conducted after 5 days of treatment. Earlier finding also confirmed that after 5 days, no residual toxicity of Azadirachtin was observed in the silkworm during rearing and grainage (Sharma, *et.al.*, 2000).

REFERENCES

- BARNBY, M.A., KLOCKE, J.A. (1987) Effects of Azadirachtin on the nutrition and development of the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (FBR.), J. Insect Physiol., 33(2): 69-75.
- DORN, A., TRUMM, P. (1993) Effect of Azadirachtin on neural regulation of mid gut peristalsis in *Locusta migratoria*, Abstracts World Neem Conference, Bangalore, India : 44.
- FISHER, R.A., YATES, F. (1963) Statistical table for Biological, Agricultural and Medical Research, Longman, England, p. 166.
- JOSEPH, T.M. (2000) Antifeedant and growth inhibitory effects of neem seed kernel extract on *Ailanthus defoliator*, *Eligma narcissus indica* Roth (Lepidoptera:Noctuidae). Entomon, 25(1):67-72.
- KARNWAR, G.K. (1987) Influence of Azadirachtin on insect nutrition and reproduction. Proc. Indian. Aca. Sci., (Ani. Sci.) 96(3):341-343.
- KEMPTHORNE, O. (1952) The design and analysis of experiments. John Willey Son inc. London, p 63.
- KOUL, O., ISMAN, B.M. (1991) Effects of Azadirachtin on the dietary utilization and development of the variegated cutworm, *Peridroma saucia*. J. Insect Physiol., 37(8): 591-598.
- MORDUE, A.J.; COTTE, P.K., EVANS, K.A. (1985) Azadirachtin : Its effect on gut mobility, growth and moulting in *Locusta*. Physiological Entomology 10: 431-437.
- REMBOLD, H., SHARMA, G.K., CZOPPELT, C., SCHMUTTERER, H. (1982) Azadirachtin – a potent insect growth regulator of plant origin Zeit. Fur angl. Entomol., 93(1):12-17.
- SAHAYARAJ, K. (1998) Antifeedant effect of some plant extracts on the Asian armyworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). Current Science, 74(6):523-525.
- SCHLUTER, U., SCHULZ, W.D. (1984) Structural damages caused by neem in *Epilachna varivestis* : a summary of histological and ultrastructural data 1. Tissues affected in larvae. Proc. 2nd Int. Neem Conf., Raischholzhausen : 227-235.
- SCHOONHOVEN, L.M. (1981) Perception of Azadirachtin by some lepidopterous larvae. Proc. Ist Int. Neem Conf., Rottach.egern : 105-108.
- SCHMUTTERER, H. (1990) Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Annu. Rev. Entomol., 35:271-297.
- SHARMA, S.P., RAM KISHORE, THANGAVELU, K. (2000) Ecofriendly techniques to control foliage damaging insect pests of primary tasar food plants. Proc. Nat. Conf. Strategies for Sericulture Rresearch and Development in the new millennium. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore (In press).
- SIMMONDS, M.S.J., BLANEY, W.M. (1984) Some neurophysiological effects of Azadirachtin on lepidopterous larvae and their feeding response. Proc. 2nd Int. Neem conf., Raischholzhausen, 1983: 163-180.

- SINGH, R.N., KUMAR, N., BHENGRA, S.R., SINHA, S.S. (1991) Studies on the bionomics of vapourer tussock moth, *Notolophus antiqua* Linn. (Lepidoptera:Lymantriidae). *Sericologia*, 31(3): 551-554.
- SINGH, R.N., THANGAVELU, K. (1992) Relative efficacy of some insecticides for the control of vapourer tussock moth, *Notolophus antiqua* Linn. infesting tasar food plants. *J. Insect Sci.*, 5(2): 229-250.
- SRIDHAR, S., CHETTY, S. (1989) Effects of *Azadirachta indica* and *Pongamia glabra* leaf extracts on food utilization and modulation on digestive enzymes in *Euproctis flaterina* (Lepidoptera:Lymantriidae). *Proc. Indian Acad. Sci., (Ani. Sci.)*, 98(5): 313-323.
- THANGAVELU, K., SINGH, R.N. (1993) Outbreak of *Notolophus antiqua* Linn. (Lepidoptera:Lymantriidae) – a new pest of primary tasar food plants in Bihar. *J. Insect Sci.*, 6(1) : 132-133.
- THANGAVELU, K., SINGH, R.N. (1994) Pest management practices in tasar culture: An approach. *J. Insect Sci.*, 7(2): 121-124.

EVALUATION DE L'AZADIRACTINE CONTRE *NOTOLOPHUS ANTIQUA* LINN. (LEPIDOPTERA : LYMANTRIIDAE) – UN PARASITE DES PLANTES HOTES PRIMAIRES DU TASAR

S. P. SHARMA, RAM KISHORE & K. THANGAVELU

Central Tassar Research and Training Institute, Ranchi – 835303, Inde.

Notolophus antiqua, Linn. connu communément sous le nom d'orgyie, est un parasite majeur des plantes hôtes primaires du tassar, à savoir *Terminalia arjuna* Bedd. et *T. tomentosa* W. & A. qui entraîne des dégâts considérables sur le feuillage et en conséquence une diminution de la capacité d'élevage du ver à soie tassar *Antheraea mylitta* D. (Lepidoptera : Saturniidae). Nous avons évalué les effets inhibiteurs de croissance et insecticides de l'azadiractine contre les larves de *N. antiqua* du dernier âge. L'alimentation larvaire avec des feuilles traitées à l'azadiractine entraîne une mortalité larvaire et un degré variable de perturbation de la croissance aux stades nymphal et adulte, qui dépendent de la dose. Cette étude a pour objet l'utilisation de produits non bois margousier (*Azadirachta indica* A. Juss) pour lutter de manière judicieuse contre *N. antiqua* en minimisant de ce fait les pertes de récolte et la quantité d'insecticides dans l'écosystème forestier. Nous avons montré que la période d'utilisation de l'azadiractine sans risque est de 5 jours pour le ver à soie tassar (*Antheraea mylitta* D.).

INTRODUCTION

Le potentiel de perturbation de la nutrition, de la reproduction et de la métamorphose des produits du margousier non bois et leurs effets sur le comportement normal des insectes pourrait être exploité dans la lutte contre les parasites comme une alternative sans dommage pour l'environnement à l'utilisation de pesticides conventionnels (Joseph, 2000). L'utilisation d'azadiractine prend de l'essor en raison de ses propriétés antiappétentes et du dérèglement de la croissance qu'elle entraîne chez la plupart des parasites (Schmutterer, 1990). Des études existent sur les variations saisonnières, le cycle de vie et les mesures de lutte contre *N. antiqua* (Singh & Thangavelu, 1992 ; Thangavelu & Singh, 1993 ; 1994).

Les jeunes larves de *N. antiqua* se nourrissent en mordillant la feuille et mangent la partie de la feuille contenant de la chlorophylle. Les chenilles du dernier âge consomment toute la feuille. Singh et coll., (1991) ont estimé que les dégâts de *N. antiqua* sur le terrain au Central Tassar Research and Training Institute, Ranchi, en août – septembre 1989, sur le feuillage des plantes hôtes du tassar étaient de l'ordre de 80 à 90 % et ont recommandé l'utilisation de dichlorvos à 0,1% pour lutter efficacement contre ce parasite. Dans cette étude, nous avons essayé d'évaluer l'efficacité de l'azadiractine contre les larves de *N. antiqua* du cinquième âge.

MATERIELS ET METHODES

Nous avons recueilli les œufs de *N. antiqua* pondus dans un champ sur des feuilles de *T. arjuna* et nous les avons amenées au laboratoire. Nous avons élevé *N. antiqua* en l'alimentant avec des feuilles de *T. arjuna*. Dans cette étude nous utilisons des larves du dernier âge, 6 heures après la mue.

Nous préparons différentes concentrations d'azadiractine (1,5 ; 3 ; 4,5 ; 6 ; 7,5 et 9 ppm) en dissolvant les quantités nécessaires (0,5 ; 1,0 ; 1,5 ; 2,0 ; 2,5 et 3 ml) de solution Amrutguard (AI = 0,03 % d'azadiractine) séparément et en leur ajoutant à chacune 100 ml d'eau distillée. Les feuilles saines recueillies sur le terrain sont trempées séparément pendant cinq minutes dans différentes concentrations d'azadiractine, séchées à l'air pendant une demi heure puis placées dans des boîtes en plastique (5 cm de diamètre et 60 cm de hauteur) avec des larves de *N. antiqua* (5 larves / boîte ; 5 répétitions / concentration pendant 24 heures) d'après la méthodologie de Joseph, 2002. On enlève les parties foliaires qui restent. Nous laissons les larves dans leurs boîtes sans feuilles pendant environ 2 heures pour qu'elles puissent vider tous leurs excréments. L'expérience est poursuivie un jour de plus avec des feuilles fraîchement traitées avec de l'azadiractine et les jours suivants les larves sont nourries avec des feuilles non traitées jusqu'à la fin de la phase de nourrissage. Les larves témoins sont nourries avec des feuilles traitées avec de l'eau pendant les deux premiers jours et ensuite avec des feuilles non traitées. Nous observons la mortalité et le passage de la chrysalide au stade adulte des larves traitées et témoins. Pendant l'expérience, la température moyenne maximum et minimum sont de respectivement 26° C et 18° C et l'humidité relative de 85 %. Les données ainsi recueillies sont analysées de manière statistique (Kempthorne 1952 ; Fisher & Yates, 1963).

Pour déterminer la durée d'utilisation de l'azadiractine sans risque, on lève 500 vers de *A. mylitta* D. en bonne santé en cinq répétitions sur des feuilles de *T. arjuna* après 1, 2, 3, 4 et 5 jours d'application de 6 ppm d'azadiractine. Nous conservons aussi un témoin pour chaque traitement pour comparaison. La mortalité moyenne est enregistrée après 24, 48, 72, 96 et 120 heures de levée.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le taux de mortalité des larves nourries à partir de feuilles traitées avec de l'azadiractine est différent en raison de ses propriétés antiappétentes et de l'inhibition de la croissance qu'elle entraîne (Tableau I).

Les résultats indiquent aussi que l'azadiractine influence la durée larvaire et nymphale. Nous n'enregistrons pas d'émergence adulte normale avec une concentration de 6 ppm, tandis que chez le témoin, 88 % de papillons normaux émergent, ce qui témoigne de l'efficacité du traitement pour lutter contre l'augmentation de *N. antiqua*. Ces résultats confirment les rapports précédents chez des lépidoptères (Sridhar et Chetty, 1989 ; Koul et Isman, 1991 ; Sahayaraj, 1998 ; Joseph, 2000). On explique l'effet dissuasif des composants de margousier par rapport à la nourriture en raison de l'effet antiappétent perçu par les récepteurs chimiques des insectes et aussi grâce à l'action des composants du margousier sur les centres qui contrôlent la mobilité et le métabolisme de l'intestin (Schoonhoven, 1981 ; Simmonds et Blaney, 1984 ; Schluter et Schulz, 1984 ; Mordue et coll., 1985 ; Dorn et Trumm, 1993). Les résultats indiquent aussi que l'azadiractine est efficace pour inhiber la croissance larvaire et induire des déformations de la chrysalide et de l'adulte chez *N. antiqua*. Les propriétés d'inhibition de la croissance par l'azadiractine, qui vont du retard de la mue à l'émergence d'insectes déformés ou à l'inhibition complète de la croissance aux doses les plus élevées ont été rapportés chez des insectes variés (Schmutterer, 1990). On peut attribuer l'inhibition de la croissance larvaire et de la morphogenèse, qui dépendent de la dose, chez *N. antiqua*, à la diminution de l'âge physiologique provoqué par la baisse d'absorption de nourriture et de gain de poids, dus au rôle antiappétent de l'azadiractine comme cela se produit chez *Heliothis virescens* (Barnby & Klocke, 1987). L'émergence d'adultes déformés aux ailes atrophiées et abîmées est principalement due à l'échec de la rupture des sutures de mue longitudinales et transversales. Le phénomène de mue est contrôlé par le système endocrinien et l'azadiractine interfère avec la fonction normale du système endocrine des insectes (Rembold et coll., 1982 ; Karnwar, 1987). Les observations actuelles démontrent que l'utilisation de 6 ppm d'azadiractine a une action de pesticide biologique et de régulateur et de perturbateur de la croissance qui supprime de ce fait l'augmentation de la population de *N. antiqua*.

Les données pour évaluer la durée d'utilisation de l'azadiractine sans risque sont présentées dans le Tableau II. Les résultats révèlent que le pourcentage de mortalité des larves de ver à soie tasar baisse avec l'augmentation de la durée entre l'application d'azadiractine et la levée. Nous n'observons pas de différence significative du taux de mortalité des larves du ver à soie tasar après 5 jours de vaporisation par comparaison au témoin, ce qui indique qu'on peut pratiquer l'élevage de vers à soie avec succès après 5 jours de traitement. Les études précédentes confirment aussi qu'après 5 jours, on n'observe pas de toxicité résiduelle avec l'azadiractine pendant l'élevage du ver à soie et le grainage (Sharma et coll., 2000).

SILKWORM (*BOMBYX MORI*) EGG PRODUCTION IN CHINA

LI LONG¹, WU YUCHENG² & CHANDRASHEKHARAI AH³

1. (Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, Jiangsu, China. Email : zjddsri@public.zj.js.cn)
2. (Department of Sericulture & Apiculture, Zhejiang University, Huajiachi Hangzhou 310029, Zhejiang, China. Email : wuyuan@mail.hz.zj.cn)
3. (Andhra Pradesh State Sericulture Research & Development Institute, Kirikera-515 211, Hindupur, Andhra Pradesh, India. Email : chandra2201@yahoo.com)

1. The mulberry silkworm egg production situation in China :

In the first half of 1990s, the egg production in China increased gradually. In 1995 the egg output reached its highest quantity of 26758 thousand boxes in the history. Then with the sharp decrease in cocoon price, the egg production came down to 15239.5 thousand boxes and there was also a sharp decrease in 1996 (40% lower than last year). Afterward, although the Government took a lot of steps to restore sericulture production, the egg output was still down to the bottom 13424.2 thousand boxes in 1999 (Table I).

From table I we can see that 95% of egg are produced in 13 provinces i.e Sichuan, Jiangsu, Zhejiang, Chongqing, Anhui, Shandong, Hubei, Hunan, Guangdong, Guangxi, Shannxi, Shanxi Xinjiang provinces. Among them, the egg output in Sichuan province was always the highest for example 8.25 million boxes which occupied 30% of the national total egg production in 1995 and 2.8 million boxes (21% of the total) in 1999. There are about 340 grainages nation-wide, among them 251 are located in the 13 provinces mentioned above.

2. Silkworm varieties :

Since 1949 China silkworm varieties have been upgraded 4 times. Almost every 10 years a big change has taken place. Generally silkworm varieties are classified into two types : one is used in spring, in which the climate is suitable for good bivoltine silkworm races with the characteristics of high cocoon & silk production but whose robustness is lower. Another type is used in summer and autumn, when the temperature and humidity are high and tolerant silkworm races are needed. But with the increase in robustness, the cocoon and silk output of the silkworm races decreases.

In 1950s the major varieties were Hua 9x Yenhan for spring use and Hua 10x Yenwen for summer and autumn use. In 1960s for the spring use there was Su 17 x Su 16 and for summer and autumn use there was 306 x Hua 10. In 1970s for the spring use there was Huahe x Dongfei and for the summer and autumn use there was Dong 34 x Su 12. In 1980s Su 5 x Su6, Hang 7 x Hang 8, 781 x 782 were used in spring and for summer autumn use there was Su3. qiu 3xSu4.

After 1990 the dominant varieties are Qingsong x Haoyue, Chun lei x Zhenzhu for spring use and Qiufeng x Baiyu, Feng 1 x 54 A, 75 Xin x 7532 for summer and autumn use (Table II - III)

Table 1. 1991-1999 Mulberry silkworm egg production (unit : 10,000 boxes)*Tableau I. Production d'œufs de ver à soie du mûrier en 1991-1999 (unité : 10 000 boîtes).*

Province	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Natl.total	2030.40	2465.30	2378.30	2639.20	2675.80	1523.95	1418.34	1491.14	1342.42
Beijing	0.29	0.30	0.20	0.12	0.05	-	-	-	-
Hebei	1.80	3.00	3.00	3.00	-	-	-	-	-
Shanxi	12.85	11.50	12.10	7.50	15.00	14.60	11.20	11.50	11.04
Liaoning	-	0.50	0.40	1.00	0.69	3.00	-	-	-
Shanghai	1.72	4.30	6.20	10.63	8.20	3.48	0.74	0.53	-
Jiangsu	403.60	503.10	501.30	590.00	582.18	250.24	253.53	269.00	244.00
Zhejiang	428.91	418.20	404.00	377.00	373.40	230.55	235.33	265.63	241.00
Anhui	82.00	92.00	110.00	131.00	142.00	83.00	78.60	81.50	68.00
Fujian	0.65	1.80	2.50	7.30	1.80	0.20	-	-	-
Jiangxi	50.00	55.00	56.00	50.00	43.00	24.00	23.60	22.74	20.60
Shandong	75.54	87.50	103.60	128.70	144.70	99.50	80.30	92.50	95.76
Henan	8.00	19.30	23.00	36.00	50.00	37.00	29.30	19.50	14.80
Hubei	29.37	47.00	62.00	60.40	78.00	30.00	30.00	40.50	43.00
Hunan	13.50	15.00	13.50	14.50	10.15	1.40	1.90	2.02	3.80
Guandong	129.00	159.60	141.00	113.00	91.00	45.00	48.00	48.00	47.00
Hainan	-	0.40	0.30	-	-	-	-	-	-
Guangxi	42.00	54.20	70.00	75.00	70.00	45.00	48.00	54.00	61.00
Sichuan	605.00	769.60	700.00	800.00	825.40	494.74	365.73	359.00	280.80
Chongqing	127.03	128.70	114.10	116.00	112.00	46.20	114.40	113.92	109.00
Guizhou	4.02	6.00	6.00	8.20	8.00	6.00	6.30	7.50	7.30
Yunnan	11.00	11.00	11.00	22.00	27.20	44.93	25.00	27.00	26.00
Shannxi	36.00	38.00	46.50	53.00	63.00	48.50	46.80	51.90	47.85
Gansu	1.22	1.50	1.10	1.50	-	1.04	1.60	1.49	1.44
Ningxia	-	-	-	-	-	0.57	0.51	0.71	0.63
Xingjiang	-	21.30	21.30	13.80	30.00	15.00	17.50	22.20	19.40

Source : National Silk Import and Export Corporation

During this half of century, the cocoon shell percentage has been increased from 19-20% to 24-25% and the silk increased from 11-12% to 17% for spring varieties. And similarly the cocoon shell % increased from 17-18 to 22-23%. Silk % increased from 10-11 to 15-16% for the summer and autumn varieties.

In 1999 the production of the spring variety Qingsong × Haoyue was extended to 2.2 million boxes occupied totally around 28% of national production. And Chunlei × Zhenzhu, with 1.2 million boxes occupied 15% of the total. Meanwhile the varieties for summer and autumn : Qiufeng × Baiyu was distributed (660 thousand boxes) and occupied 15% of the national production, and Feng 1 × 54A, with 200 thousand boxes about 4.2%.

Table II. Silkworm varieties upgraded in China (for spring use, lab results).

Tableau II. Variétés de vers à soie améliorées en Chine (pour une utilisation au printemps, résultats de laboratoire).

Year	Name of variety	Cocoon output (kg / 10 000 worms)	Cocoon weight (g)	Cocoon shell (%)	Length of filament (m)	Size (d)	Reelability (%)	Neatness (%)	Raw silk (%)
Année	Nom de la variété	Production de cocons (kg / 10 000 vers)	Poids du cocon (g)	Richesse soyeuse (%)	Longueur du filament (m)	Titre (d)	Dévidabilité (%)	Netteté (%)	Soie grège (%)
1950	Hua9 × Yenhan	24.2	2.57	20.31	1102	3.39	79.5	89	15.3
1960	Su17 × Su16	22.48	2.29	23.09	1344	2.95	80.9	93	18.2
1970	Huabe × Dongfei	24.54	2.48	23.20	1315	3.29	85.5	95	18.9
1980s	Su5 × Su6	23.68	2.43	25.10	1448	3.14	70.7	95	19.7
1990	Qingsong × Haoyue Chunlei × Zhenzu	25.27	2.53	25.68	1570	3.22	80.9	95	19.84

Table III. Silkworm varieties upgraded in China (for summer & autumn use, field results).

Tableau III. Variétés de vers à soie améliorées en Chine (pour une utilisation en été et en automne, résultats sur le terrain)

Year	Name of variety	Pupation (%)	Cocoon output (kg / 10 000 worms)	Cocoon shell (%)	Length of filament (m)	Size (d)	Reelability (%)	Neatness (%)	Raw silk
Année	Nom de la variété	Pupaison (%)	Production de cocon (kg / 10 000 vers)	Richesse soyeuse (%)	Longueur du filament (m)	Titre (d)	Dévidabilité (%)	Netteté (%)	Soie grège (%)
1950s	Hua10 × Yenwen	89	12	17	750	2.7	79	91	11
1960s	306 × Hua10	92	13	18	820	2.4	74	92	12
1970s	Dong 34 × Su 12	93	15	19	880	2.5	73	92	13
1980s	Su3.qiu3 × Su4	93	16	20.5	990	2.6	75	93	14
1990s	Qiufeng × Baiyu	93.5	17.76	23	1200	2.9	72	93.5	17

In the Guangdong province, the dominant varieties were polyvoltine before 1980s. With the application of new technology to mulberry, to silkworm seed and rearing and with the increase of bivoltine cocoon purchasing price with the efforts of Guangdong Silk (Group) Corporation, bivoltine and white cocoons have been harvested in South China areas since 1988 (Table IV)

Table IV. Characteristics of silkworm varieties of Guangdong.

Tableau IV. Caractéristiques des variétés de vers à soie de Guangdong.

Year	Name of variety	Larva Survival rate (%)	Cocon output (kg / box)	Cocoon shell ratio (%)	Length of filament	Grade of silk
<i>Année</i>	<i>Nom de la variété</i>	<i>Taux de survie de la larve (%)</i>	<i>Production de cocons (kg / boîte)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>	<i>Longueur du filament (m)</i>	<i>Classement de la soie</i>
(polyvoltine)						
1955	42	90.4	20-21	15.41	398	Yellow non-grade <i>Jaune sans classement</i>
1955-1975	Nannong7	96.1	36	12.67	429	White C, D, E <i>Blanche C, D, E</i>
1977-1981	Guanong 3	93.0	45	19.89	572	A, B
(Bivoltine)						
1956	Yenwen × Hua10	87.34	46	20.26	—	2A
1961	306 × Hua 10	91.06	46	21.47	856	3A
1975	New 9 × 8301	96.92	52.21	20.02	901	3A
1980	New9 × 7532	92.14	48.3	20.79	957	2A

3. Hybrid silkworm seed price :

The silkworm seed price is decided by the provincial silkworm seed authorized unit. Because the economic status varies in each province, the price is also different in different province. In 1999 the price of the varieties for spring use ranged from 20 to 36 Yuan (\$1=8.28 Yuan) and about 20-31 Yuan for varieties using in autumn and summer (Table IV). The price of F1 silkworm eggs in Zhejiang province was always at the highest level.

Table V. F1 Egg price in China in 1999 (Yuan / box).

Tableau V. Prix des œufs F1 en Chine en 1999 (Yuan / boîte).

Province	Spring	Summer & Autumn
	<i>Printemps</i>	<i>Été et Automne</i>
Zhejiang	36.00	31.00
Jiangsu	33.00	30.00
Sichuan	20.00	20.00
Chongqing	20.00	20.00
Shandong	25.00	25.00
Anhui	31.00	31.00
Shannxi	30.00	28.00
Hubei	30.00	27.00
Guangdong	22.00	22.00
Guangxi	20.00	20.00
Hunan	25.00	22.00
Shanxi	25.00	25.00

4. F1 egg distribution to farmers:

Generally, the farmers register the demanded quantity of eggs and hand over their deposit money to the sericulture leading farmers in the village. Then the leading farmers will order the eggs from the town sericulture extension worker who is the representative from the county sericulture extension station. Then this station chief will make a contract with the provincial silkworm seed company which is the only unit licensed to purchase the eggs from the grainages and which sells them to the buyers – county sericulture extension in general. Then the eggs will be preserved in incubation rooms in the county sericulture station to promote the uniformity of silkworm hatching. When the heads of the incubated eggs get pigmented, that is to say when they reach the blue egg stage, all the eggs are kept in darkness. And the town extension worker will distribute the eggs with a black cloth to the farmers (Fig. 1).

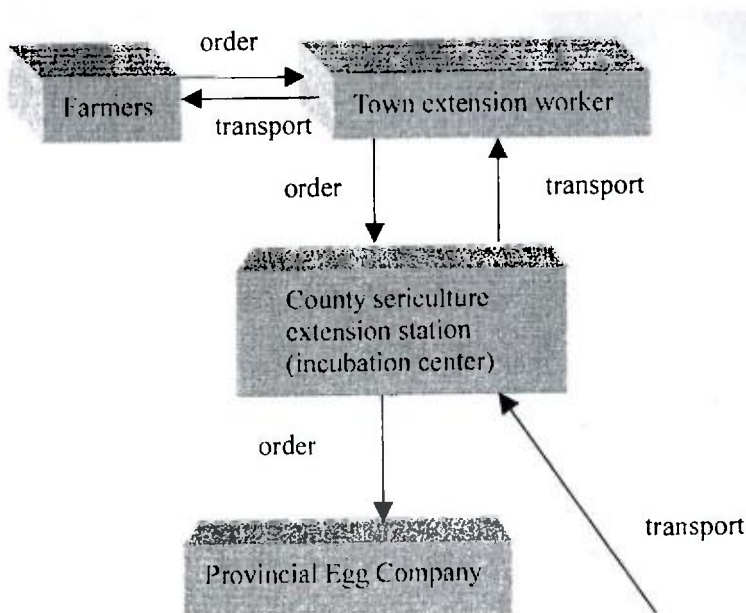


Fig. 1. The egg distribution system in China.

Fig. 1. Le système de distribution des oeufs en Chine.

Table VI. Cocoon Production per box in China (kg).*Tableau VI. Production de cocons par boîte en Chine (kg).*

Province	1991	1995	1998	1999
Zhejiang	27.8	31.30	37.8	38.8
Jiangsu	29.1	25.0	33.1	33.8
Sichuan	20.00	18.9	21.6	24.5
Chongqing	22.3	19.5	21.9	23.2
Shandong	25.00	29.5	30.9	34.6
Anhui	25.6	31.6	30.8	32.4
Shannxi	27.8	26.3	27.0	25.2
Hubei	27.5	25.6	32.8	31.2
Guangdong	23.3	27.5	31.3	31.9
Guangxi	20.00	20.00	25.9	25.2
Shanxi	27.8	26.3	27.0	25.2
National average <i>Moyenne nationale</i>	25.2	24.5	29.0	30.5

Source : 2000 Silk Yearbook of China.

5. Eggs productivity per box :

The eggs productivity per box has increased gradually in the recent 10 years (Table V). In 1991, it was around 25 kg and in 1999, it increased to a national average of 30.5 kg. The highest was recorded in the Zhejiang province where the production of eggs per box was of 38.8 kg of green cocoons in 1999. And the lowest productivity occurred in the Sichuan and Chongqing areas.

LA PRODUCTION DES ŒUFS DE VER A SOIE (*BOMBYX MORI*) EN CHINE

LI LONG¹, WU YUCHENG² & CHANDRASHEKHARAIH³

1. Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, Jiangsu, Chine. Email : zjddsri@public.zj.js.cn.
2. Department of Sericulture & Apiculture, Zhejiang University, Huajiaci, Hangzhou 310029, Zhejiang, Chine. Email : wuyuan@mail.hz.zj.cn.
3. Andhra Pradesh State Sericulture, Research & Development Institute, Kirikera – 515 211, Hindupur, Andhra Pradesh, Inde. Email : chandra 2201@yahoo.com

1. La production d'œufs de ver à soie du mûrier en Chine :

Dans la première moitié des années 1990, la production d'œufs en Chine a progressivement augmenté. Jusqu'en 1995 la production d'œufs a atteint son sommet historique de 26 758 milliers de boîtes. Puis avec la brusque baisse des prix du cocon, la production d'œufs est passée brutalement à 15 239,5 mille boîtes en 1996 (baisse de 40 % par rapport à l'année précédente). Plus tard, bien que le gouvernement ait pris beaucoup de mesures pour dynamiser la production séricicole, la production d'œufs a quand même baissé pour atteindre 13 424,2 mille boîtes en 1999 (Tableau I).

D'après le Tableau I, on peut voir que 95 % de la production d'œufs vient de 13 provinces, les provinces de Sichuan, Jiangsu, Zhejiang, Chongqing, Anhui, Shandong, Hubei, Hunan, Guangdong, Guangxi, Shanxi, Shanxi et de Xinjiang. La production d'œufs a toujours été la plus élevée dans la province de Sichuan par exemple 8,25 millions de boîtes soit 30 % de la production nationale totale en 1995 et 2,8 millions de boîtes en 1999 (21 % du total). Il y a environ 340 centres de grainage à l'échelle nationale, dont 251 situés dans les provinces citées plus haut.

2. Variétés de vers à soie :

Depuis 1949 les variétés de vers à soie chinoises ont été améliorées 4 fois. Un changement important a presque lieu tous les dix ans. En général, on classe les variétés de vers à soie en deux types. L'un est utilisé au printemps pendant lequel le climat est propice aux races de vers à soie bivoltines de bonne qualité qui se caractérisent par une production de soie et de cocons élevée mais qui ne sont pas très robustes. L'autre type est utilisé en été et en automne, saisons pendant lesquelles la température et l'humidité sont élevées et pendant lesquelles on a besoin de races de vers à soie résistantes. Mais quand les races de vers à soie sont plus robustes, la production de cocons et de soie baisse.

En 1950, les variétés principales étaient Hua9 × Yenhan pour le printemps et Hua 10 × Yenwen pour l'été et l'automne. En 1960, on utilisait Su 17 × Su 16 au printemps et 306 × Hua10 en été et en automne. En 1970, Huabe × Dongfei était utilisée au printemps et Dong 34 × Su12 en été et en automne. En 1980, Su5 × Su6, Hang 7 × Hang8, 781 × 782 étaient utilisées au printemps et en été et en automne on utilisait Su3.qiu3 × Su4.

Après 1990, les variétés dominantes sont Qingsong × Haoyue, Chunlei × Zhenzhu au printemps et Qiufeng × Baiyu, Feng1 × 54A, 75Xin × 7532 en été et en automne (Tableaux II et III).

Au cours de cette moitié de siècle, la richesse soyeuse est passée de 19-20 % à 24-25 % et le pourcentage de soie est passé de 11-12 % à 17 % pour les variétés de printemps. Et de même, le pourcentage de coques soyeuses est passé de 17-18 % à 22-23 % et le pourcentage de soie est passé de 10-11 % à 15-16 % chez les variétés d'été et d'automne.

En 1999, la production de la variété de printemps Qingsong × Haoyue est passée à 2,2 millions de boîtes, ce qui représente environ 28 % de la production nationale. Chunlei × Zhenzhu, avec 1,2 millions de boîtes représente 15 % du total. En ce qui concerne les variétés d'été et d'automne la situation est la suivante : la production de Qiufeng × Baiyu représente 660 mille boîtes soit 15 % de la production nationale et Feng 1 × 54A, 200 mille boîtes soit 4,2 % du total.

Dans la province de Guangdong, jusqu'aux années 1980 les variétés dominantes étaient polyvoltines. Avec l'application des nouvelles technologies chez le mûrier, pour le grainage et l'élevage du ver à soie et l'augmentation du prix d'achat des cocons bivoltins grâce aux efforts du Guangdong Silk (Group) Corporation, on produit depuis 1988 des cocons bivoltins et blancs dans les zones du sud de la Chine (Tableau IV).

3. Prix des graines de vers à soie hybrides :

Le prix des graines de vers à soie est décidé par l'Unité Provinciale Agréée des Graines de Vers à soie. Comme la situation de l'économie varie dans chaque province, le prix varie aussi dans les différentes provinces. En 1999, le prix des variétés de printemps était compris entre 20 et 36 Yuan (1 \$ = 8,28 Yuan) et entre 20 et 31 Yuan pour les variétés utilisées en automne et en été (Tableau IV). Le prix des œufs de vers à soie F1 dans la province de Zhejiang a toujours été au niveau le plus élevé.

4. Distribution des œufs F1 aux fermiers :

En général les fermiers font une demande par rapport à la quantité d'œufs requise et versent leur paiement aux fermiers séricicoles chefs du village. Puis les fermiers chefs commandent les œufs auprès de l'employé de vulgarisation séricicole de la ville qui est le représentant de la station de vulgarisation séricicole du comté. Puis le chef de cette station établit un contrat avec la société provinciale de grainage de vers à soie, la seule unité autorisée à acheter les œufs dans les centres de grainage et à les vendre aux acheteurs – en général la station de vulgarisation séricicole du comté. Puis les œufs sont conservés dans des pièces d'incubation dans la station séricicole du comté pour favoriser l'uniformité d'éclosion des vers à soie. Quand la tête des œufs incubés devient pigmentée c'est à dire quand ils deviennent bleus, tous les œufs sont conservés dans l'obscurité. Et l'employé de vulgarisation de la ville distribue les œufs aux fermiers dans un tissu noir (Graphique 1).

5. Productivité des boîtes d'œufs :

La productivité pour une boîte d'œufs a progressivement augmenté au cours des dix dernières années (Tableau V). En 1991, elle était d'environ 25 kg et en 1999, elle est passée à une moyenne nationale de 30,5 kg. Le sommet a été atteint dans la province de Zhejiang où la production pour une boîte d'œufs a atteint 38,8 kg de cocons frais en 1999. On rencontre la productivité la plus faible dans les zones du Sichuan et de Chongqing.

EFFECT OF MULBERRY LEAVES MOISTURE ON SOME TRAITS OF THE SILKWORM (*BOMBYX MORI* L)

M. TALEBI ESFANDARANI, R. BAHREINI & N. TAJABADI

Honeybee and silkworm Dept., Animal Science Research Institute, P. O. Box : 31585-1483, Karaj, Iran.

Tel : ++98-261 4300104 ; Fax +98 261 425082 ; Email : ahri@abdent.com

*The fourth and fifth instars larvae of silkworm (*Bombyx mori* L.) were reared on leaves with 66.77% and 68.13% moisture (low), 69.87% moisture (control), 72.48% and 73.87% moisture (high) and effect of leaves moisture on some parameters was determined. The male cocoon, cocoon shell and pupa weights were significantly increased in 72.48% but male cocoon shell ratio was significantly decreased in this treatment. The female cocoon, cocoon shell and pupa weights were significantly increased in high moisture group but female cocoon shell ratio was significantly decreased. The egg productivity was significantly increased in 72.48%. The results indicated that there are significant relationships between leaves moisture and the male cocoon weight ($r = 0.62$), cocoon shell weight ($r = 0.51$), pupa weight ($r = 0.63$), cocoon shell ratio ($r = -0.25$) and the female cocoon weight ($r = 0.62$), cocoon shell weight ($r = 0.53$), pupa weight ($r = 0.62$), cocoon shell ratio ($r = -0.14$), egg productivity ($r = 0.20$).*

Keywords: Mulberry, leaves, moisture, correlation, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Since silkworms do not drink water, they get their moisture from the leaves so they must be fresh. Leaf quality often mainly implies leaf moisture content, thereby ignoring other nutritive components (Bongale *et al.*, 1997). Friend (1958) and Waldbauer (1968) highlighted the importance of dietary moisture content and reported that phytophagous insects required high water intake for normal development and feeding of larvae with wilted foliage produced adverse effects. Importance of leaf moisture contents in relation to the performance of silkworm has been reported by Narayanaprakash *et al.*, (1985) and Paul *et al.* (1992), who observed that the decrease in water contents in feed affected different energetic parameters and they also reported that assimilation of food converted into body tissue decreased with decreasing moisture contents.

The present study was undertaken to know the effect of mulberry leaf moisture contents on some traits of silkworm (*Bombyx mori* L.).

MATERIAL AND METHODS

The eggs of F1 silkworm (Iranian hybrid) were obtained from Iranian silkworm rearing company and reared in the laboratory following rearing techniques (Lim *et al.*, 1990). The fourth instar larvae were divided into seven experimental groups.

The fourth and fifth instars larvae of silkworm were reared on mulberry leaves with artificially depleted moisture contents of 66.77 and 68.13% (fresh mulberry leaves kept in shade for 60 and 30 minutes, respectively) and enriched moisture contents of 72.48 and 73.87% (fresh mulberry leaves

dipped in water for 15 and 30 minutes, respectively). Also control group was fed with fresh leaves (with 69.87% moisture).

The cocoon parameters such as female and male cocoon weight and their shell and pupa weights were recorded after the completion of spinning activity and the cocoon shell ratio was calculated. Egg productivity was recorded in adult after mating. Cocoon parameters data were obtained from 50 male cocoons and 50 female cocoons and egg productivity data were obtained from 20 female moths in each treatment.

The data collected were subjected to a statistical analysis of variance to find out the significance between the parameters of groups by S.A.S. package.

RESULTS

The results of statistical analysis are presented in Table I and II.

1. Comparison of characters:

The male and female cocoon weights were significantly increased in the high moisture groups and female cocoon weights were significantly decreased in low moisture groups when compared with the control group. Maximum increase was observed in male and female cocoon weight (17 and 11%, respectively) in group with 72.48% moisture.

The male and female cocoon shell weights were significantly increased in the high moisture groups and female shell weights were significantly decreased in 66.77% group when compared with the control group. Maximum increase of male shell weight (14%) was observed in group with 72.48% moisture and maximum increase of female shell weight (11%) was observed in group with 73.87% moisture. Maximum decrease of female shell weight (–7%) was also observed in group with 66.77% moisture. The male and female pupa weight were significantly increased in the high moisture groups and female pupal weights were significantly decreased in low moisture groups when compared with the control group. A maximum increase was observed in male and female pupal weight (18 and 12%, respectively) in group with 72.48% moisture and maximum decrease of female pupal weight (–8%) were observed in group with 66.77% moisture.

The male cocoon shell ratio was significantly decreased in group with 72.48% moisture when compared with the control group. A maximum increase was observed in male and female silk ratio (1 and 2% respectively) in group with 68.13% moisture and maximum decrease of male and female silk ratio (–2%, both) were observed in group with 72.48% moisture.

The egg productivity was significantly increased (9%) in group with 72.48%.

2. Correlation coefficients:

The results indicated that there is a significant positive relationship between mulberry leaves moisture and male cocoon weight ($r = 0.62$), male cocoon shell weight ($r = 0.51$), male pupa weight ($r = 0.63$), female cocoon weight ($r = 0.62$), female cocoon shell weight ($r = 0.53$), female pupa weight ($r = 0.62$) and egg productivity ($r = 0.20$) and there is a significant negative relationship between mulberry leaves moisture with male and female cocoon shell ratio ($r = -0.25$ and $r = -0.14$, respectively).

DISCUSSION

In the present study, the cocoon, shell and pupa weights and egg productivity increased with increasing leaf moisture contents that may be due to increasing of consumption, digestibility and absorption of mulberry leaf nutrients. Similar results of effect of mulberry leaf moisture on traits of the silkworm (*Bombyx mori* L.) has been reported.

Table I. Effect of mulberry leaves moisture on some traits of silkworm.

Tableau I. Effet de l'humidité des feuilles de mûrier sur certains caractères du ver à soie.

Level of moisture	Male cocoon weight	Male cocoon shell weight	Male pupa weight	Male cocoon shell ratio	Female cocoon weight	Female cocoon shell weight	Female pupa weight	Female cocoon shell ratio	Eggs productivity
<i>Niveau d'humidité</i>	<i>Poids du cocon mâle</i>	<i>Poids de la coque soyeuse mâle</i>	<i>Poids de la chrysalide mâle</i>	<i>Richesse soyeuse mâle</i>	<i>Poids du cocon femelle</i>	<i>Poids de la coque soyeuse</i>	<i>Poids de la chrysalide femelle</i>	<i>Richesse soyeuse du cocon femelle</i>	<i>Productivité en oeufs</i>
	(g)	(g)	(g)	(%)	(g)	(g)	(g)	(%)	(no. / nbre)
High moisture / Humidité élevée									
73.87%	1.8762 b (112)	0.4859 b (110)	1.3903 b (112)	25.91 bc (99)	2.3282a (111)	0.5042a (111)	1.8240 a (111)	21.68 ab (100)	727.95b (99)
72.48%	1.9606 a (117)	0.5029 a (114)	1.4580 A (118)	25.66 C (98)	2.3373 A (111)	0.4952 A (109)	1.8421 A (112)	21.21 B (98)	802.20 a (109)
Low moisture / Faible humidité									
68.13%	1.6784 c (100)	0.4459 c (101)	1.2325 c (100)	26.57 a (101)	1.9932 c (95)	0.4377 bc (97)	1.5556 c (95)	21.94 a (102)	720.25 b (98)
66.77%	1.6271c (97)	0.4316 c (98)	1.1955 c (97)	26.55 a (101)	1.9300 c (92)	0.4225 c (93)	1.5075 c (92)	21.92 a (102)	715.80 b (98)
Control/Témoin 69.87%	1.6766c (100)	0.4402 c (100)	1.2364 c (100)	26.27 ab (100)	2.0973 b (100)	0.4532 b (100)	1.6442 b (100)	21.60 ab (100)	732.70 b (100)
Total mean Moyenne totale	1.7483****	0.4581****	1.2902****	26.24****	2.1281****	0.4609****	1.6671****	21.68****	739.90**
C.V	7.7425	8.6507	8.0882	4.7366	9.6650	10.9046	9.9599	6.0142	10.9856

** and ****: Significant at 1% and 0.01% respectively / Significatif respectivement au seuil de 1 % et 0.01 %.

C. V.: Coefficient of variability / Coefficient de variation. Percent increase / decrease over that of the control in parenthesis / Pourcentage d'augmentation / de baisse par rapport au témoin entre parenthèses.

Means with the same letter(s) in each column are not significantly different at 5% level as per Duncan's test / Les moyennes avec la (les) même(s) lettres(s) ne diffèrent pas de manière significative au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

Table II. Correlation coefficients between mulberry leaves moisture and some traits of silkworm.**Tableau II. Coefficients de corrélation entre l'humidité des feuilles de mûrier et certains caractères du ver à soie.**

	Cocoon weight	Cocoon shell weight	Pupa weight	Cocoon shell ratio	Egg productivity
	<i>Poids du cocon</i>	<i>Poids de la coque soyeuse</i>	<i>Poids de la chrysalide</i>	<i>Richesse soyeuse</i>	<i>Productivité en œufs</i>
Moisture / Humidité					
In males / Chez les mâles	0.62****	0.51****	0.63****	-0.25****	—
In females / Chez les femelles	0.62****	0.53****	0.62****	-0.14*	0.20*

* and **** - Significant at 5% and 0.01% respectively / Significatif au seuil de respectivement 5 % et 0,01 %

Narayanaprakash *et al.*, (1985) reported that assimilated food converted into body tissue and conversion efficiency decreased with decreasing dietary moisture content in mulberry leaves and also shell weight and fibroin content of the cocoons increased with increasing dietary moisture. Paul *et al.* (1992) reported that absolute consumption and growth rate per day per larva, the quantity of dry matter consumed and digested, the values of efficiency of conversion of ingested and digested food and final larval weight increased with increasing percentage of leaf water and approximate digestibility increased progressively up to 70% leaf moisture but was reduced at the control dietary water level (76.6% leaf moisture). Basu *et al.*, (1992) reported that the development time and weight gain were significantly higher for larvae fed on tender rather than on older leaves and the pupal and adult weights and fecundity were also significantly higher. Bongale and Chaluvachari (1995) reported that moulting ratio and larval weight were associated with mulberry leaf moisture.

REFERENCES

- BASU R., ROYCHOUDHORY N., SHAMSUDDIN M. & SENGUPTA K. (1992) Effect of leaf quality on growth and reproductive potentiality of *Bombyx mori* L. *Annals of Entomology*, 10(2): 23-27.
- BONGALE U. D., CHALUVADHARI (1995) Evaluation of eight mulberry germplasm varieties by leaf biochemical and bioassay moulting studies. *Sericologia*, 35(1): 83-94.
- BONGALE U. D., CHALUVACHARI, MALIKARJUNAPPA R. S., NARAHARI RAO B. V., ANANTHARAMAN M. N. & DANDIN S. B. (1997) Leaf nutritive quality associated with maturity levels in fourteen important varieties of mulberry (*Morus* spp.) *Sericologia*, 37(1): 71-81.
- LIM S. H., RHEE I. J., LIM J. S. & LIM B. H (1990) Sericulture training manual, F.A.O. Bulletin No. 80: 59-88.
- FRIEND W. G. (1958) Nutritional requirements of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 3: 57-73.

- NARAYANAPARAKASH R., PERIASAMY K. & RADHAKRISHNAN S. (1985) Effect of dietary water content on food utilisation on silk production in *Bombyx mori* L., Indian J. Seric., 24(1): 12-17.
- PAUL D. C., RAO G. S., DEB D. C. (1992) Impact of dietary moisture on nutritional indices and growth of *Bombyx mori* L. and concomitant larval duration. Journal of Insect Physiology, 38(3): 229-235.
- WALDBAUER G. P. (1968) The consumption and utilisation of food by insects. Advance Insect Physiol., 5: 229-288.

EFFET DE L'HUMIDITE DES FEUILLES DE MURIER SUR CERTAINS CARACTERES DU VER A SOIE (*BOMBYX MORI* L.)

M. TALEBI ESFANDARANI, R. BAHREINI & N. TAJABADI

Honeybee and Silkworm Dept., Animal science Research Institute, P. O. Box : 31585-1483, Karaj, Iran.

Tel : ++98-261 4300104 ; Fax + 98 261 425082 ; Email : ahri@abdent.com.

Les larves du ver à soie (*Bombyx mori* L.) des quatrième et cinquième âge sont élevées avec des feuilles contenant 66,77 % et 68,13 % d'humidité (faible), 68,97 % d'humidité (témoin) ou 72,48 % et 78,37 % d'humidité (élevé) et on détermine l'effet de l'humidité des feuilles sur certains paramètres. Les poids du cocon, de la coque soyeuse et de la chrysalide mâles augmentent de manière significative avec le groupe à 72,48 % mais la richesse soyeuse mâle baisse de manière significative avec ce traitement. Les poids du cocon, de la coque soyeuse et de la chrysalide femelles augmentent de manière significative avec le groupe à humidité élevée mais la richesse soyeuse femelle baisse de manière significative. La productivité en œufs augmente de manière significative avec 72,48 %. Les résultats indiquent qu'il y a des corrélations significatives entre l'humidité des feuilles et le poids du cocon ($r = 0,62$), le poids de la coque soyeuse ($r = 0,51$), le poids de la chrysalide ($r = 0,63$), la richesse soyeuse mâles ($r = -0,25$) et le poids du cocon ($r = 0,62$), le poids de la coque soyeuse ($r = 0,53$), le poids de la chrysalide ($r = 0,62$), la richesse soyeuse femelles ($r = -0,14$) et la productivité en œufs ($r = 0,20$).

INTRODUCTION

Comme les vers à soie ne boivent pas d'eau, ils tirent leur humidité des feuilles de mûrier qui doivent donc être fraîches. La qualité de la feuille sous-entend souvent principalement la teneur en humidité, et ignore donc les autres composants nutritifs (Bongale et coll., 1997). Friend (1958) et Waldbauer (1968) ont souligné l'importance de la teneur en eau du régime alimentaire et rapporté que les insectes phytophages ont besoin d'un apport élevé en eau pour un développement normal et l'alimentation des larves avec des feuilles flétries entraîne des effets néfastes. Narayanaprakash et coll., (1985) et Paul et coll., (1992) ont signalé l'importance de la teneur en humidité de la feuille pour les performances du ver à soie, et ont observé que la baisse de la teneur en eau de la nourriture a des effets sur différents paramètres énergétiques ; ils ont aussi signalé que l'assimilation de la nourriture convertie en tissus corporels baisse avec la baisse de la teneur en humidité.

Nous avons entrepris cette étude pour connaître l'effet de la teneur en humidité dans la feuille sur certains caractères du ver à soie (*Bombyx mori* L.).

MATERIELS ET METHODES

Les œufs du ver à soie F1 (hybride iranien) sont obtenus auprès de la société d'élevage du ver à soie iranienne et élevés en laboratoire en suivant les techniques d'élevage (Lim et coll., 1990). Les larves du quatrième âge sont divisées en sept groupes expérimentaux.

Les larves de quatrième et cinquième âge du ver à soie sont élevées sur des feuilles de mûrier dont la teneur en humidité est réduite de manière artificielle à 66,77 et 68,13 % (feuilles de mûrier fraîches conservées à l'ombre pendant 60 et 30 minutes, respectivement) et dont la teneur en humidité est enrichie à 72,48 et 73,87 % (des feuilles de mûrier fraîches trempées dans de l'eau pendant 15 et 30 minutes, respectivement). Le groupe témoin est aussi nourri avec des feuilles fraîches contenant 69,87 % d'humidité.

Les paramètres du cocon tels que le poids du cocon femelle et mâle et le poids de leur coque et de leur chrysalide sont enregistrés après la fin de l'activité de filage et on calcule la richesse soyeuse. La productivité en œufs est enregistrée chez les adultes après l'accouplement. Les données sur les paramètres du cocon sont obtenues à partir de 50 cocons mâles et 50 cocons femelles et les données sur la productivité en œufs sont obtenues à partir de 20 papillons femelles provenant de chaque traitement.

Les données recueillies sont soumises à une analyse statistique de variance pour connaître la signification des paramètres entre les groupes grâce au système S.A.S.

RESULTATS

Les résultats de l'analyse statistique sont présentés dans les Tableaux I et II.

1. Comparaison des caractères :

Les poids des cocons mâles et femelles augmentent de manière significative chez les groupes à humidité élevée et les poids des cocons femelles baissent de manière significative chez les groupes à humidité faible quand on les compare au groupe témoin. On observe l'augmentation maximum des poids des cocons mâle et femelle (respectivement 17 et 11 %) chez le groupe avec 72,48 % d'humidité.

Les poids des coques soyeuses mâles et femelles augmentent de manière significative chez les groupes à humidité élevée et les poids des coques soyeuses femelles baissent de manière significative chez le groupe à 66,77 % par comparaison avec le groupe témoin. On observe l'augmentation maximum du poids de la coque mâle (14 %) chez le groupe avec 72,48 % d'humidité et l'augmentation maximum du poids de la coque femelle (11 %) chez le groupe avec 73,87 % d'humidité. La baisse maximum du poids de la coque femelle (-7 %) est aussi observée chez le groupe avec 66,77 % d'humidité. Les poids des chrysalides mâle et femelle augmentent de manière significative chez les groupes à humidité élevée et le poids des chrysalides femelles baisse de manière significative chez les groupes à humidité faible par comparaison au groupe témoin. On observe une augmentation maximum du poids de la chrysalide mâle et femelle (respectivement 18 et 12 %) chez le groupe avec 72,48 % d'humidité et une baisse maximum du poids de la chrysalide femelle (-8 %) chez le groupe avec 66,77 % d'humidité.

La richesse soyeuse mâle baisse de manière significative chez le groupe avec 72,48 % d'humidité par comparaison au groupe témoin. On observe une augmentation maximum de la richesse soyeuse mâle et femelle (respectivement 1 et 2 %) chez le groupe avec 68,13 % d'humidité et une baisse maximum de la richesse soyeuse mâle et femelle (-2 %, chez les deux) dans le groupe avec 72,48 % d'humidité.

La productivité en œufs augmente de manière significative (9 %) chez le groupe avec 72,48 %.

2. Coefficients de corrélation :

Les résultats indiquent qu'il y a une corrélation positive significative entre l'humidité des feuilles de mûrier et le poids du cocon mâle ($r = 0,62$), le poids de la coque soyeuse mâle ($r = 0,51$), le poids de la chrysalide mâle ($r = 0,63$), le poids du cocon femelle ($r = 0,62$), le poids de la coque soyeuse femelle ($r = 0,53$), le poids de la chrysalide femelle ($r = 0,62$) et la productivité en œufs ($r = 0,20$) et

il y a une corrélation négative significative entre l'humidité des feuilles de mûrier et la richesse soyeuse mâle et femelle (respectivement, $r = -0,25$ et $r = -0,14$).

DISCUSSION

Dans cette étude, les poids du cocon, de la coque et de la chrysalide et la productivité en œufs augmentent avec l'augmentation de la teneur en humidité de la feuille, ce qui pourrait être dû à l'augmentation de la consommation, de la digestibilité et de l'absorption des nutriments de la feuille de mûrier. On a rapporté des résultats similaires par rapport à l'effet de l'humidité de la feuille de mûrier sur les traits du ver à soie (*Bombyx mori* L.).

Narayanaprakash et coll., (1985) ont signalé que la nourriture assimilée convertie en tissus corporels et l'efficacité de conversion baissent avec la baisse de la teneur en humidité du régime alimentaire à base de feuilles de mûrier et que le poids de la coque et la teneur en fibroïne des cocons augmentent avec l'augmentation de l'humidité du régime alimentaire. Paul et coll., (1992) ont signalé que la consommation et le taux de croissance absolus par jour par larve, la quantité de matière sèche consommée et digérée, les valeurs d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée et digérée et le poids larvaire final augmentent avec l'augmentation du pourcentage d'eau dans la feuille et que la digestibilité approximative augmente progressivement jusqu'à un niveau d'humidité de la feuille de 70 % mais baisse avec un niveau d'eau témoin du régime alimentaire (humidité de la feuille de 76,6 %). Basu et coll., (1992) ont signalé que la durée de développement et le gain de poids sont significativement plus élevés chez les larves nourries avec des feuilles tendres plutôt qu'avec des feuilles plus vieilles et les poids de la chrysalide et de l'adulte et la fécondité sont aussi significativement plus élevés. Bongale et Chaluvachari (1995) ont signalé que le taux de mue et le poids larvaire sont associés à l'humidité de la feuille de mûrier.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	297
General sericulture	
Mûrier	299
Mulberry	
<i>Bombyx mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	302
<i>Bombyx mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	307
Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	309
Silkworms: genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	313
Silkworms: physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	317
Silkworms: eggs, embryology	
Vers à soie : glandes séricigènes.	318
Silkworms: silk glands	
Soie	320
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) Portugais / <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.

Sériculture générale

General sericulture

Prospects in Muga silk.

BAISHYA P.

SBMS College, Sualkuchi, Assam, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(5), 27-28. (E)

Feasibility of futures markets for indian silk industry.

DAMODARAN A.

Professor of Economics, Trade and Environment. Indian Institute of Plantation Management, Bangalore, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(5), 18-20. (E)

Prediction on the production of cocoon and raw silk in the world.

GUODA G., ZAORONG W., LEI Z.

College of Economy, Zhejiang University, Hangzhou 310027.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 242-246. (C,e)

Perspectives on the silk industry in India.

HIMATSINGKA D.

Managing Director, M/s. HIMATSINGKA Siede Ltd., Bangalore, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(5), 15-17. (E)

Employment generation through Muga nursery.

KAKATI L.N., KAKATI B.T.

Department of Zoology, Nagaland Universty, Dikronj, Assam

2002 Indian Silk, Vol. 41(6), 27-29. (E)

Economic analyses on the cost of cocoon production in China.

LIHUA J., GUODA G., GUANLIN C., WEILONG L., JINQIAN Z.

Department of Sericulture and Apiculture, Zhejiang University, Hangzhou 310029.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 247-252. (C,e)

Mulberry diseases of the gangetic plain of West Bengal and their control.

MAJI M.D.

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

2002 Indian Silk, Vol. 41(3), 11-14. (E)

Bivoltine silk reeling technology package for CSR hybrids.

NAIK S.V., *et al.*

The Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, Bangalore.

2002 Indian Silk, Vol. 41(6), 23-26. (E)

Current technologies and tasar cocoon productivity in Bastar.

SHANKAR RAO K.V., SIDDIQUI T.H., PATNAIK S.K., KHANNA R.P., SINHA B.R.R.P.

RTRS, Jagdalpur, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(4), 13-15. (E)

Diaphania pulverulentalis : a major alternate host for silkworm pathogens.

SHARMA S.D., *et al.*

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(4), 10. (E)

Regulated cocoon spinning in mulberry silkworm.

SHASHINDRAN NAIR K., TRIVEDI K., CHINYA P.K.

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

2002 Indian Silk, Vol 41(3), 7-9. (E)

Emerging trends in the biological control of silkworm tachinids.

SINGH R.N., DAYAKAR YADAV B.R.

Central Silk Board, CSB Complex, BTM Layout, Madivala, Hosur Road, Bangalore 560068, India.

2002 Indian Silk, Vol.41(3), 5-6. (E)

The Chul Thai model of a large capacity vertically integrated silk factory.

SOMASHEKAR T.H.

Central Silk Technological Research Institute, CSB, Bangalore, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(5), 21-24. (E)

Utilization of genetic resources for silkworm breeding.

THANGAVELU K., SINHA R.K.

Central Sericultural Germplasm Resources Centre, Hosur, (T.W.), India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 21-24. (E)

Impact of integrated seri technologies in Telangana region of Andhra pradesh.

VENKATARAMANA P., *et al.*

Research Extension Centre, Vikarabad, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(4), 19-23. (E)

Mûrier

Mulberry

Studies on mulberry bacterial blight in Shandong province.

AIYUN D., JIFA Z., PINGPING W., JIANHUA Z., YU'AN T.

College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian 271018.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 185-189. (C,e)

Determination of economic threshold level of whitefly, *Dialeuropora decempuncta* (quaintance and baker) in mulberry, *Morus alba* L.

BANDYOPADHYAY U.K., SANTHAKUMAR M.V., DAS K.K., SARATCHANDRA B.

Entomol. Lab., Central Seric. Research & Training Institute, Berhampore -742101, West Bengal, India.

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(2), 133-136. (E)

Potassium fertilizer recommendation of mulberry (*Morus alba*) based on Mitscherlich-Bray concept.

BOSE P.C., MAJUMDER S.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 92-95. (E)

Coriander as a mixed crop in mulberry nursery.

DHINGRA R.K., ROY A.K., BARDAIYAR V.N.

Regional Sericultural Research Station, Central Silk Board, Ranchi, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(4), 11. (E)

Biological characteristics of the *Sclerotinia sclerotiorum* of the mulberry.

GUAPIN P., JIANPING M.

School of Life Science, Soochow University, Suzhou 215006, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 87-90. (C,e)

Preliminary studies on cutting tolerance ability and its evaluation index of mulberry germplasm resources.

GUOXIN S., *et al.*

Department of Sericulture and Apiculture, College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 141-145. (C,e)

Study on distributive characteristics of K⁺ and Na⁺ in organs and tissues of Mulberry under salt stress.

GUOXING S.

College of Life Science, Soochow University, Suzhou 215006.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 256-260. (C,e)

Study on the clarification technology of mulberry fruit juice using pectinase.

HONGFEI W., HESHENG L., RONGYU Z., FU AN W.

Department of Food Science and Engineering, Ningbo University, Ningbo 315211, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 138-140. (C,e)

Study on relationship between development of the mulberry budding in spring and climate factors.

JIALING C., YAJUN W., FUAN W., XINHUA L.

The Seric. R. Inst., Chinese Academy of Agric. S., Zhenjiang 212018, Thenjiang Weather Bureau, Zhenjiang 212003, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 179-184. (C,e)

Intercropping of mulberry with saffron.

KAUR R., MIR M.R., KHAN M.A., NAZIR S.

Central Sericultural Research and Training Institute, Pampore, Srinagar, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 5-6. (E)

Nitrogen harvest index in some varieties of mulberry, *Morus* spp.

KUMAR J.S., CHAKRABORTY C., SARKAR A.

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

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 131-134. (E)

The effects of growth temperature on the relationship between the photosynthetic rate of mulberry leaves and leaf temperature.

KUNIAKI FUKUI

National Institute of Agrobiological Science, Ohwashi 1-2, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan.

2002 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 71(1), 7-13. (J)

Response of M5 Mulberry saplings to inoculation of phosphate solubilizing microorganisms.

NAGENDRA KUMAR T.D., SUKUMAR J.

Mulberry Path. & Microb. S., Moriculture D., Karnataka State Seric. Res. & Dev. Inst., Thalaghattapura, Bangalore 560006.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 88-91. (E)

Evaluation of promising genotype S1635 under irrigated conditions.

PATIL S.G.V.

French Institute of Pondicherry, Pondicherry, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 7-9. (E)

Life table studies of leaf roller, *Diaphania pulverulentalis* (Hampson) (Lepidoptera: Pyralidae) - A major pest of mulberry.

RAJADURAI S., BHATTACHARYA S., SHEKHAR M.A.

Pest Management Laboratory, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, India.

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 33-36. (E)

Colchicine-induced variability in mulberry variety kosen.

RAMESH H.L., MUNIRAJAPPA

Department of Sericulture, V.V. Pura College of Science, Bangalore 560004, Karnataka, India.

2001 Bull. ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 34-41. (E)

Cause and effect relationship of leaf yield in mulberry as influenced by morphological and physiological traits in mulberry.

SINGHVI N.R., CHAKRABORTY S., SINGHAL B.K., BEKHA M., SARKAR A., DATTA R.K.

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

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 31-33. (E)

Interrelationship of biological yield and harvest index in mulberry and its association with shoot rearing in silkworm (*Bombyx mori* L.).

SUSHEELAMMA B.N., KAMBLE C., DANDIN S.B.

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

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(2), 143-147. (E)

***Elytranthe parasitica* - An epiphyte of mulberry.**

TIKADER A., THANGAVELU K.

CSGRC, Hosur, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(5), 11. (E)

Studies on the cpDNA TrnL-trnF intergenic spacer sequence in the genus mulberry.

WEIGUO Z., ZHIFANG Z., YILE P., JIALU H., QUANLIANG S.

Key Lab. of Silkworm Biotech., Min. of Agric., The Seric. Res. Inst., Chinese Acad. of Agric. Sciences, Zhenjiang 212018

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 83-86. (C,e)

Effect of chitosan on physiological-biochemical characters of mulberry seeds germination and seeding.

XIANLING J., YINGPING G., SHIMEI M., WEIGUO L., JIE L.

Dept of Seric., Shandong Agric. Univ., College of Life Science, Shandong Agricultural University, Taian 271018.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 253-255. (C,e)

Study on stability of the red pigment from mulberry fruit.

YUJUAN X., GENGSHENG X., XUEMING L., JIJUN W., WEIDONG C., XIZHEN Y.

Sericulture Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 265-269. (C,e)

***Bombyx mori* : élevage, nutrition, pathologie**

***Bombyx mori* : rearing, feeding, pathology**

The comparison of the resistibility to *Bombyx mori* cytoplasmic polyhedrosis virus among silkworm germplasm resources.

ANYING X., MUWANG L., CHAGQI L., YUEHUA Z., CHENGXIANG H.

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

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 157-159. (C,e)

Utilization of mulberry leaves and their nitrogen contents by imidazole-induces trimoulter larvae of *Bombyx mori* L. during wet part of summer.

BANERJEE K., DEB D.C.

Dept. of Zoology, Univ. of North Bengal, Raja Rammohunpur, Darjeeling 734430, West Bengal, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(1), 48-55. (E)

Effect of Phytoecdysteroids on cocoon yield and reeling parameters in the silkworm *Bombyx mori* L.

CHANDRAKALA M.V., MARIBASHETTY V.G., AFTAB AHMED C.A., JYOTHI H.K.

Karnataka State Sericulture Research & Development Institute, Bangalore 560062, Karnataka, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(1), 105-110. (E)

Aspergillosis on silkworm.

CHANDRASHEKARAI AH, MISRA S., RAJAGOPAL REDDY C.

Andhra Pradesh State Sericulture Research & Development Institute, Kirikera, Hindipur, AP.

2002 Indian Silk, Vol. 41(6), 11-13. (E)

Analysis of chemical compositions of silkworm *Cordyceps militaris*.

CHENGLIANG G., WEIDONG W., CHENGZHI X., KUN Y., GUOGANG C.

Life Sci. Col. of Soochow University, Suzhou 215006, Zhejiang Chinagene Pharmaceutical Co, Ltd, Haining 314411, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 168-172. (C,e)

Midgut microflora of pure mysore (multivoltine) and NB4D2 (bivoltine) silkworm (*Bombyx mori* L.) races during late larval instars.

CHOWDARY N.B., KUMAR V., KUMAR V.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, India.

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(2), 127-131. (E)

Acceleration of mounting in self mounting method and its effect on cocooning, cocoon characters and reeling parameters in silkworm *Bombyx mori* L.

HIMANTHARAJ M.T., DAS K., VIJAYA KUMARI K.M., RAJAN R.K.
Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, India.
2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(1), 19-22. (E)

Breeding of a new non-cocooning silkworm variety, hachojam, suitable for autumn rearing season.

KANG P.D., SOHN B.H., LEE S.U., HONG S.J.
Dept of Seric. and Entomol., Nat. Inst. of Agric. Science and Tech., RDA, Suwon 441-100, Korea.
2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(1), 77-81. (E)

Effect of solanaceous leaf extracts on growth, development and cocoon traits of PM x NB4D2 silkworm (*Bombyx mori* L.)

KRISHNA PRASAD N.K., SANNAPPA B., RESHMA T.K., KESHIKAVI PRASAD P.K.
Dept. of Sericulture, University of Agriculture Sciences, GK VK, Bangalore 560065, Karnataka, India.
2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 42-47. (E)

Implications of temperature and humidity on pupation patterns in the silkworm, *Bombyx mori* L.

LAKSHMINARAYANA REDDY P., SANKAR NAIK S., SIVARAMI REDDY N.
Department of Sericulture, S.K. University, Anantapur, 515003, India.
2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 67-71. (E)

Study on a new microsporidium SLN1 isolated from the silkworm, *Bombyx mori*.

LIANGEN S., SHUMEI L., JUNLIANG X.
Department of Sericulture and Apiculture, College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 211-214. (C,e)

Presence of *Wolbachia* endosymbionts in different silkworm species and races and in their uzi fly parasites.

MADHU M., PUTTARAJU H.P.
Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore 560056, India.
2002 J. Invertebr. Pathol., Vol. 79(2), 120-122. (E)

Studied on a microsporidium (SCM8) pathogenic for the silkworm *Bombyx mori*.

MINHUI P., YONGJI W., RENYING Z.
The Key Seric. Lab. of Agric. Min., College of Sericulture, Southwest Agriculture University, Chongqing 400716, China.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 115-119. (C,e)

Sex-limited races of silkworm *Bombyx mori*, as useful grainage tools.

MUNDKUR R., MURTHY M., NAGABHUSHANA GUPTHA K.N., KRISHNA RAO S., RAGHURAMAN R.
Karnataka State Sericulture Research and Development Institute, Thalaghattapura, Kanakapura Road, Bangalore 560062, India.
2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 13-15. (E)

Seasonal influence on correlative coefficients of preserved mulberry (*Morus* sp.) leaf quality and moulting response of young age silkworm *Bombyx mori* L.

MUNIRAJA E., SEKHARAPPA B.M., RAGHURAMAN R.

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

2001 *Bull. Ind. Acad. Seri.*, Vol. 5(1), 76-87. (E)

Correlation coefficient studies on certain quantitative traits in the silkworm, *Bombyx mori* L.

NASEEMA BEGUM A., YAMAMOTO T.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-570008, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 45-52. (E)

A practical technology for diagnosis and management of diseases in silkworm rearing.

NATARAJU B., *et al.*

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(2), 169-173. (E)

Development of a small-scale circulating artificial diet feeder for silkworm rearing.

PEISHENG L., GUOZHENG Z., YADONG W.

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

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(3), 229-232. (C,e)

Moulting in silkworm : a susceptible stage for diseases.

PRASAD N.R.

Karnataka State Sericulture Research & Development Institute, Thalaghattapura, Bangalore, India.

2002 *Indian Silk*, Vol. 41(2), 10-12. (E)

Manifestation of hybrid vigour and combining ability in polyvoltine x bivoltine hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L.

RAGHAVENDRA RAO D., *et al.*

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, Karnataka, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(1), 23-30. (E)

Multiple trait evaluation of bivoltine hybrids of silkworm (*Bombyx mori* L.)

RAMESH BABU M., CHANDRASHEKHARAI AH, LAKSHMI H., PRASAD J.

Andhra Pradesh State Sericulture Research and Development Institute, Kirikera 515 211, Hindupur, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 37-43. (E)

Evolution of a productive multivoltine x bivoltine hybrid, CAUVERY (BL67 x CRS101) of silkworm, *Bombyx mori* L.

RAO D.R., PREMALATHA V., SINGH R., KARIAPPA B.K., JAYASWAL K.P., DANDIN S.B.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-570008, Karnataka, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(2), 121-126. (E)

Performance of traditional multivoltine races of silkworm, *Bombyx mori* L., in non traditional belt of north Karnataka.

RAYAR S.G.

Dept. Of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Dharwad-580005, Karnataka, India.

2001 *Bull. Ind. Acad. Seri.*, Vol. 5(2), 56-66. (E)

Effect of nitrogen levels applied to rainfed mulberry on grainage performance of NB4D2 silkworm breed of *Bombyx mori* L.

SANNAPPA B., DEVAIAH M.C., GOVINDAN R.

Dept. of Sericulture, Univ. of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore 560065, Karnataka, India.

2001 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 96-104. (E)*

The disinfection technique of the silkworm rearing facilities and tools with a small compressed air type fogging machine.

SHIGEMI SUZUKI

Iwate Prefecture Plant Protection Office, Narita 20-1, Kitakami, Iwate 024-0003, Japan.

J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 71(1), 33-39. (J)

Screening of fungicides and natural plant products and their efficacy on control of aspergillosis in silkworm, *Bombyx mori* L.

SINGH G.P., SHARMA S.D., SELVAKUMAR T., NATARAJU B., DATTA R.K.

Silkworm Pathology Laboratory, Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore-570 008, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(1), 5-11. (E)*

Studies on effect of temperature and relative humidity on aspergillosis in silkworm, *Bombyx mori* L.

SINGH G.P., SHARMA S.D., SELVAKUMAR T., NATARAJU B., DATTA R.K.

Silkworm Pathology Lab. Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Mysore 570-008, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 53-57. (E)*

Studies on parthenogenetic development, hybrid vigour and cocoon shape variability in bivoltine F1 hybrids of the silkworm, *Bombyx mori* L.

SINGH R., RAGHAVENDRA RAO D., KARIAPPA B.K., SANYAL P., PREMALATHA V.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore 570008, Karnataka, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 59-65. (E)*

Silkworm seed production : is use of pebrinised male moths safer ?

SINGH R.N., SASIDHARAN T.O., SANTHA P.C., VEERAAIAH T.M., MANJULA A.

SSTL, Kodathi, Bangalore, India.

2002 *Indian Silk, Vol. 41(5), 9-10. (E)*

Influence of rearing space on economic traits in the silkworm *Bombyx mori* L.

SINGH T.

Central Silk Board, B T M Layout, Madiwala, Bangalore 560068, India.

2001 *Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 111-113. (E).*

An analysis of heterosis in the silkworm, *Bombyx mori* (L.)

SINGH T., SARATCHANDRA B., MURTHY G.N.

Central Silk Board, B.T.M. Layout, Madiwala, Bangalore 560 068, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 23-32. (E)*

Breeding resource materials of silkworm *Bombyx mori* L., adaptive to tropical climates.

SUDHAKARA RAO P., DATTA R.K., RAMESH BABU M., VIJAYA KUMARI K.M.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-57008, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol. Vol. 4(2), 109-115.*

Hybrid vigour in polyvoltine x bivoltine (sex-limited cocoon colour) hybrids of silkworm *Bombyx mori* L.

SUDHAKARA RAO P., REKHA M., NAIK V.N., PALLAVI S.N., MAHALINGAPPA K.C.
Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Mysore-570008, India.
2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 4(1), 37-41. (E)

Disinfection effect of Guangxiaowei on *Nosema bombycis* and its mechanism.

YANWEN W., ZHIMEI M., HUIJI G., WEIGUO L.
Sericultural Department of Forestry College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 164-167. (C,e)

Cloning and characterization of a gene coding reverse transcriptase from *Nosema bombycis*.

YONGZHEN G., KEWEI H., ZHIJIE C.
Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Science, Zhenjiang 212018, China.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 121-125. (C,e)

Effect of some chemicals on cocoon crop production and the activity levels of alkaline phosphatase in the midgut of two different strains of silkworm, *Bombyx mori* L.

YUNGEN M., BHARATHI D.
Dept. of Sericulture & Apiculture, College of Animals Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China.
2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 72-75. (E)

Artificial diet rearing for the silkworm. IV. Artificial diet rearing methods of silkworm.

YUNGEN M., LIJUM J.
Dept. of Sericulture, College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China.
2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 16-23. (E)

Effects of crude protein content in LP artificial diets on some physiological characters of silkworm.

ZENGJIAN H., WEIZHENG C., ZHIMEI M.
Dept. of Seric., Shandong Agric. Univ., Taian 271018.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 224-228. (C,e)

Breeding of the spring rearing silkworm varieties huarui and chunming.

ZHANG'E W., ZHAOJUN W., ZHIYONG Q.
The Sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018, China.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 161-163. (C,e)

Residue toxicity experiment of several common mulberry's pesticide to silkworm.

ZHAOHONG W., JIANXUN D., MINGZHI L., RIYAN S., LIMING G., YULING H.
The Sericultural Research Institute of Shandong Province, Yantai 264002, China.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 147-150. (C,e)

Experiments of control effect on the silkworm bacterial diseases with "Shajunling".

ZHONGYUAN S., LI X., NONG D.
The sericultural Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhenjiang 212018.
2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 219-223. (C,e)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

Viral diseases in oak tasar silkworm and its management.

CHANDRA H.

BSTMC, Kholi, Bilaspur, Chattisgarh, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 17-20. (E)

Recent studies for improvement of oak tasar cultivation in north east India.

IBONAL SINGH N., *et al.*

Regional Tasar Research Station, Imphal 795002, Manipur, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(2), 1-8. (E)

Protein purification, cDNA cloning and gene expression of attacin, an antibacterial protein, from eri-silkworm, *Samia cynthia ricini*.

KISHIMOTO K., FUJIMOTO S., MATSUMOTO K., YAMANO Y., MORISHIMA L.

Dept. of Biochem. and Biotech., Fac. of Agriculture, Tottori University, 680-8553, Tottori, Japan.

2002 Insect Biochem. Mol. Biol., Vol. 32(8), 881-887. (E)

Electron microscopic observation on *Philosamia cynthia ricini* nuclear polyhedrosis virus.

MIN W., XUSHI X., XIAOFANG W., KEWEI H.

Biology Science College, Nanjing Normal University, Nanjing 210097.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 215-217. (C,e)

Selection of ideal grainage house for preservation of diapausing seed cocoons of the tropical tasar silkworm *Antheraea paphia* Linn.

NAYAK B.K., PATRO K.B.G., DASH M.C.

Directorate of Textiles, Govt. of Orissa, Bhubaneswar 751007, Orissa, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seri., Vol. 5(1), 9-15. (E)

Studies on the karyotype of the *Philosamia cynthia ricini*.

PING'AN C., FANGZHOU S., JIANGSONG T., MINGXUAN L., SHIFENG Z.

Key Sericultural Laboratory of Agricultural Ministry, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716.

2002 Cany Kexue, Vol. 28(3), 190-193. (C,e)

An operational package for nature grown tropical tasar rejuvenation.

SHANKAR RAO K.V., MAHOBIA G.P., RAMKUMAR, SINHA B.R.R.P.

R.T.R.S., Jagdalpur, India.

2002 Indian Silk, Vol. 41(3), 16-18. (E)

Impact of feeding disease affected castor leaves on food consumption and utilization in eri silkworm (*Samia Ricini* Donovan).

SHREE M.P., NAGAVENI V., CHANDRA M., RAVI KUMAR K.

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore 560056, Karnataka, India.

2001 *Bull. Ind. Acad. Seri.*, Vol. 5(1), 67-71. (E)

Biological control of pests of non-mulberry silkworms and its host plants in India.

SINGH R.N., MAHESHWARI M.

Central Silk Board, B.T.M. Lay out Madivala, 560068, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(2), 83-91. (E)

Developmental and morphological characterization of the wild silkmoth, *Actias gnoma*, in Korea.

WOO RYU C., *et al.*

Dept. of Sericultural and Entomological BioL. Faculty of Agric., Miryang Nat. Univ., Miryang 627-130, Korea.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 79-83. (E)

Investigation on the fertility and chromosome of distant crossing hybrid of *A. yamamai* and *A. polyphemus*.

YOU MIN Z., QINGFENG L.

Sericultural Research Institute of Liaoning Province, Fengcheng 118100, China.

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(2), 91-93. (C,e)

Vers à soie : génétique

Silkworms: genetics

Alternative splicing of the primary transcript generates heterogeneity within the products of the gene for *Bombyx mori* chitinase.

ABDEL-BANAT B.M., KOGA D.

Department of Biological Science, Yamaguchi University, Yamaguchi 7538515.

2002 *J. Biol. Chem.*, in press

Nested retrotransposons on the W chromosome of the wild silkworm *Bombyx mandarina*.

ABE H., et al.

Dept of Biol. Prod., Fac. of Agric., Tokyo Univ. of Agric and Tech., Fuchu, Tokyo, Japan

2002 *Insect Molecular Biology*, Vol. 11(4), 307-314. (E)

Characterisation of late gene expression factors lef-9 and lef-8 from *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus.

ACHARYA A., GOPINATHAN K.P.

Dept of Microbiol. and Cell Biol., Indian Institute of Science, Bangalore 560012, India.

2002 *J. Gen. Virol.*, Vol 83(8), 2015-2023. (E)

***Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus: molecular biology and biotechnological applications for large-scale synthesis of recombinant proteins.**

ACHARYA A., SRIRAM S., SEHRAWAT S., RAHMAN M., SEHGAL D., GOPINATHAN K.P.

Department of Microbiology and Cell Biology, Indian Institute of Science, Bangalore 560012, India.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 455-471. (E)

Transformation of neomycin resistance gene (neo(R)) into silkworm (*Bombyx mori* L.).

CHEN X., ZHAO Y., ZHANG F., PENG W.P., FENG X.L., HUANG J.T., LU C.D.

Shanghai Inst. of Biochem., The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200031, China.

1999 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 31(1), 90-92. (E)

Nucleotide sequences of segments 1, 3 and 4 of the genome of *Bombyx mori* cryptovirus 1 encoding putative capsid proteins VP1, VP3 and VP4, respectively.

HAGIWARA K., RAO S., SCOTT S.W., CARNER G.R.

Lab. of Virol., Nat. Agric. Res. Center, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan.

2002 *J. Gen Virol.*, Vol. 83(6), 1477-1482. (E)

***Bombyx mori* orphan receptor, BmHR78 : cDNA cloning, testis abundant expression and putative dimerization partner for Bombyx ultraspiracle.**

HIRAI M., SHINODA T., KAMIMURA M., TOMITA S., SHIOTSUKI T.

Dept. of Devl. and Differ., National Inst. of Agrobiol. Science, 1-2 Owashi, Tsukuba, 305-8634, Ibaraki, Japan.

2002 *Mol. Cell. Endocrinol.*, Vol. 189(1-2), 201-211. (E)

Molecular cloning and expression of a toll receptor gene homologue from the silkworm, *Bombyx mori*.

IMAMURA M., YAMAKAWA M.

Innate Immunity Lab., Nat. Inst. of Agro. Sciences, Owashi 1-2, 3058634 Ibaraki, Tsukuba, Japan.

2002 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1576(3), 246-254. (E)

Characterization of *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus orf68 gene that encodes a novel structural protein of budded virus.

IWANAGA M., KURIHARA M., KOBAYASHI M., KANG W.

Lab. of Mol. Entomol. and Bacul., RIKEN, 2-1, Hirosawa, Wakoshi, 351-0198, Japan.

2002 *Virology*, Vol. 297(1), 39-47. (E)

Linkage analysis of maternal EST cDNA clones covering all twenty-eight chromosomes in the silkworm, *Bombyx mori*.

KADONO-OKUDA K., KOSEGAWA E., MASE K., HARA W.

Genome Research Department, National Institute of Agrobiological Science, 1-2, Owashi, Tsukuba, 305-8634 Japan.

2002 *Insect Molecular Biology*, Vol. 11(5), 443-451. (E)

Isolation of two cDNAs encoding a putative peptidoglycan recognition protein gene from the domestic silkworm, *Bombyx mori*.

KIM S.H., LEE H.S., KIM J.W., LEE Y.S., KIM I., RYU K.S., YANG J., YAMAKAWA M.

Dpt of Seric. and Entomol., National Inst. Agric. Sc. and Tech., Rural Develop. Admin., Suwon 441-100, Korea.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(1), 31-36. (E)

A deleted portion of one of the two xanthine dehydrogenase genes causes translucent larval skin in the oq mutant of the silkworm (*Bombyx mori*).

KOMOTO N.

Insect Genetics and Evolution Dept, Nat. Inst. of Agrobiological Sciences, Owashi 1-2, Tsukuba, 3058634, Ibaraki, Japan.

2002 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 32(6), 591-597. (E)

Effect of virus dose on protein production profile using baculovirus vector in *Bombyx mori* cell line and larvae.

KOZUMA K., HAMANO K.

Dpt of Biol. Prod., Faculty of Agric., Tokyo Univ. of Agric. and Technol., Saiwaicho 3-5-8, Fuchu, Tokyo 183-8509, Japan

2002 *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*, Vol. 71, 79-83. (E)

Identification and characterization of genes abnormally expressed in wing-deficient mutant (flugellos) of the silkworm, *Bombyx mori*.

MATSUNAGA T.M., FUJIWARA H.

Dept of Integr. Biosc., Grad. School of Frontier Sc., Univ. Tokyo, Biosc. Building 501, Kashiwanoha 5-1-5, Japan.

2002 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 32(6), 691-699. (E)

Construction of an EST database for *Bombyx mori* and its application.

MITA K., *et al.*

Lab. of Insect Genome, Nat. Inst. of Agrobiol. Sciences, Owashi 1-2, Ibaraki 305-8634, Japan.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 426-431. (E)

Application of genetic principles for improving silk production.

NAGARAJU J.

Lab. of Mol. Genetics, Centre for DNS Fingerprinting and Diagnostics, ECIL Road, Nacharam, Hyderabad 500076, India.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 409-414. (E)

Silkworm genomics - progress and prospects.

NAGARAJU J., GOLDSMITH M.R.

Lab. of Mol. Genetics, Centre for DNA Fingerprinting and Diagnostics, ECIL Road, Nacharam, Hyderabad 500076, India.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 415-425. (E)

Molecular characterization of a cDNA from the silk moth *Bombyx mori* encoding *Manduca sexta* allatotropin peptide.

PARK C., HWANG J.S., KANG S.W., LEE B.H.

Department of Biology, Korea University, Seoul.

2002 *Zoolog. Sci.*, Vol. 19(3), 287-292. (E)

Immune responses against bacterial infection in *Bombyx mori* and regulation of host gene expression.

PONNUVEL K.M., YAMAKAWA M.

Inn. Immun. Lab., Immun. and Mol. Biol. Dept., Nat. Inst. of Ag. Sciences, 1-2 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 447-454. (E)

Perspectives in silkworm (*Bombyx mori*) transgenesis.

PRUDHOMME J.C., COUBLE P.

CGMC, UMR 5534, CNRS-Université Claude Bernard, 43 bd du 11/11/1918, 69622 VILLEURBANNE Cedex, France.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 432-438. (E)

Molecular cloning and characterization of *Antheraea mylitta* cytoplasmic polyhedrosis virus genome segment 9.

QANUNGO K.R., KUNDU S.C., MULLINS J.I., GHOSH A.K.

Department of Biotechnology, Indian Institute of Technology, Kharagpur 721302, India.

2002 *J. Gen. Virol.*, Vol. 83(6), 1483-1491. (E)

DNA fingerprinting with homologous multilocus probes and search for DNA markers associated with yield attributes in silkworm, *Bombyx mori*.

SETHURAMAN B.N., MOHANDAS T.P., CHATTERJEE S.N.

SeriBiotech Lab., Central Silk Board, Campus-Kodathi, Bangalore 560035, Karnataka, India.

2002 *Eur. J. Entomol.*, Vol. 99, 267-276. (E)

Sequence analysis of SOD gene of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus and its expression in *E. coli*.

WANG W.B., JI P., WU J., HE J.L., WU X.F.

Shanghai Institute of Biochemistry, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 20031, China.

1999 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 31(4), 405-408. (E)

Genetic resistance of the silkworm, *Bombyx mori* to viral diseases.

WATANABE H.

Nodai Research Institute, Tokyo University of Agriculture, Tokyo, Japan.

2002 *Current Science*, Vol. 83(4), 439-446. (E)

Functional analysis of helicase gene promoter and homologous region 3 enhancer in *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.

XIAO Q.L., ZHANG Z.F., YI Y.Z., HE J.L., WU X.F.

Key Lab. of Silkworm Biotech., Min. of Agric., Sericult. R. Inst., Chinese Acad. Agric. S., Zhenjiang 212018, China.

2001 *Sheng Wu Hua Xue Sheng Wu Wu Li Xue Bao*, Vol. 33(5), 525-530. (E)

Sequence analysis of a protein tyrosine phosphatase gene of *Bombyx mori* nuclear polyhedrosis virus.

XIJIE G., YONGFENG J., MINGGUAN Y., YAOZHOU Z.

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

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(2), 109-114. (C,e)

Expression of human stem cell factor with recombinant baculovirus in BmN cell line and silkworm.

XIJIE G., YONGFENG J., MINGGUAN Y., YAOZHOU Z.

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

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(1), 51-56. (E)

Structure of cytoplasmic polyhedrosis virus from *Bombyx mori*.

YU X.K., LU X.Y., ZHANG H., ZHOU Z.H., ZHANG Q.F., ZHANG X., ZHANG J.Q.

State Key Lab for Biocontrol, Inst. of Entomology, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China.

1999 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 31(5), 563-566.

Significant levels of sequence divergence and gene rearrangements have occurred between the mitochondrial genomes of the wild mulberry silkmoth, *Bombyx mandarina*, and its close relative, the domesticated silkmoth, *Bombyx mori*.

YUKUHIRO K., SEZUTSU H., ITOH M., SHIMIZU K., BANNO Y.

Insect Genetics and Evol. Dept., National inst. of Agrobiol. Sciences, Tsukuba, Ibaraki, Japan.

2002 *Mol. Biol. Evol.*, Vol. 19(8), 1385-1389. (E)

Transgenic silkworm of anti-NPV Ribozyme.

ZHANG F., CHEN X., ZHAO Y., QI G.R., HUANG J.T., LU C.D.

Shanghai Inst. of Biochem., The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200031, China.

1999 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 31(3), 331-333. (E)

Fluorescent Transgenic Silkworm.

ZHANG F., ZHAO Y., CHEN X., XU A.Y., HUANG J.T., LU C.D.

Shanghai Institute of Biochem., The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200031, China.

1999 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 31(2), 119-123. (E)

Regulation of gene expression by SAR of silkworm *Attacus ricini* rRNA gene.

ZY W., ZHAO M.J., LI Z.P.

Shanghai Inst. of Biochem., Chinese Acad. of Sci. the Open Lab of Molec. Cell Bio., Shanghai 200031, China.

2001 *Shen Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao*, Vol. 33(1), 59-64. (E)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms: physiology, biochemistry

Analysis of hydrolytic activity of a 65-kDa chitinase form the silkworm, *Bombyx mori*.

ABDEL-BANAT B.M., ZHOU W., KARASUDA S., KOGA D.

Department of Biological Science, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Japan.

2002 *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Vol. 66(5), 1119-1122. (E)

Juvenile hormone stimulated tyrosine kinase-mediated protein phosphorylation in the CNS of the silkworm, *Bombyx mori*.

ARIF A., SHANAVAS A., MURTHY ChR., DUTTA-GUPTA A.

Dept. of Animal Sciences, School of Life Sciences, unvi. of Hyderabad, Hyderabad, India.

2002 *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, Vol. 50(3), 139-146. (E)

The retalionship between the decrease and increase of RNA in fat bodies and vitellogenin protein content in the hemolymph of *Antheraea pernyi*.

CHAOLIANG L., JIERNEI W., KAJIURA Z.

Sericultural Department of Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(3), 199-202. (C,e)

Inhibition of human cell apoptosis by silkworm hemolymph.

CHOI S.S., RHEE W.J., PARK T.H.

School of Chem. Engin. and Inst. of Chem. Proc., Seoul Nat. Univ., Kwanak-Gu Shilim-Dong San 56-1, Seoul 151-744, Korea.

2002 *Biotechnol. Prof.*, Vol. 18(4), 874-878. (E)

Morphology and physiology of the serotonin immunoreactive putative antennal lobe feedback neuron in the male silkmoth *Bombyx mori*.

HILL E.S., IWANO M., GATELLIER L., KANZAKI R.

Institute of Biological Sciences, Univ. of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8572, Japan.

2002 *Chem. Senses*, Vol. 27(5), 475-483. (E)

cDNA cloning and characterization of *Bombyx mori* juvenile hormone esterase : an inducible gene by the imidazole insect growth regulator KK-42.

HIRAI M., et al.

National Institute of Agrobiological Science, 1-2 Owasshi, Tsukuba, 305-8634, Ibaraki, Japan

2002 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 32(6), 627-635. (E)

Regulation of glutamine metabolism during the development of *Bombyx mori* larvae.

HIRAYAMA C., NAKAMURA M.

National Institute of Agrobiological Sciences, Ohwasshi, Tsukuba, 305-8634, Ibaraki, Japan

2002 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1571(2), 131-137. (E)

Silkworm larvae as an animal model of bacterial infection pathogenic to humans.

KAITO C., AKIMITSU N., WATANABE H., SEKIMIZU K.

Graduate School of Pharm. Sciences, The Univ. of Tokyo, 3-1, 7-Chome, Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, 113-0033, Japan.

2002 Microb. Pathog., Vol. 32(4), 183-190. (E)

Effects of the Nuegra from male silkworm extract on enhancement of the masculine function and activation of overall physical function.

KIM D.C., *et al.*

Clinical research Team of Apex Korea, Myungsin B/D, 840-12, Yuksam-Dong, Kangnam-Gu, Seoul 135-080, Korea.

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 109-122. (E)

Simultaneous preparation of both enantiomers of juvenile hormones labeled at C-10 with tritium at high specific activity.

MAXWELL R.A., ANDERSON R.J., SCHOOLEY D.A.

Department of Biochemistry, University of Nevada, Reno, Nevada, 89557, USA.

2002 Anal. Biochem., Vol. 305(1), 40-48. (E)

Aminopeptidase N isoforms from the midgut of *Bombyx mori* and *Plutella xylostella* -their classification and the factors that determine their binding specificity to *Bacillus thuringiensis* Cry1A toxin.

NAKANISHI K., *et al.*

Grad. School of Bio-Appl. and Syst. Engin., Tokyo Univ. of Agric. and Tech., Koganei, 184-8588, Tokyo, Japan.

2002 FEBS Lett., Vol. 519(1-3), 215-220. (E)

Leucine methyl ester is a powerful allosteric activator of the neutral amino acid cotransport system in *Bombyx mori* larval midgut.

PARENTI P., *et al.*

Dept of Environ. Sciences, Univ. of Milano-Bicocca, P.zza della Scienza 1, 20216, Milano, Italy.

2002 Insect Biochem. Mol. Biol., Vol. 32(7), 719-727. (E)

Activation and inhibition of the transduction process in silkworm olfactory receptor neurons.

POPHOF B., VAN DER GOES VAN NATERS W.

Yale University, Dept. of Molecular, Cellular and Developmental Biology, New Haven CT 06520-8103, USA.

2002 Chem. Senses, Vol. 27(5), 435-443. (E)

Activation and inhibition of the transduction process in silkworm olfactory receptor neurons.

POPHOF B., VAN DER GOES VAN NATERS W.

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Seewiesen, D-82305 Starnberg.

2002 Chem. Senses, Vol. 27(5), 435-443. (E)

Effect of leaf quality on midgut protease activity in the silkworm, *Bombyx mori*, during fifth instar development.

PRIYAKARINI KALLE A., SARANGI S.K.

Department of Sericulture, Bangalore University, Bangalore 560056, Karnataka, India.

2001 Bull. Ind. Acad. Seric., Vol. 5(2), 24-30. (E)

Silkworm hemolymph as a potent inhibitor of apoptosis in Sf9 cells.

RHEE W.J., KIM E.J., PARK T.H.

School of Chem. Engin. & Inst. of Chem. Prosses, Seoul Nat. Univ., Kwanak-Gu Shilim-Dong San 56-1, 151-744, Seoul, Korea

2002 *Biochem. Biophys Res. Commun.*, Vol. 295(4), 779-783. (E)

The tonic effect of the extract from male silkworm (*Bombyx mori* L.) pupae on rats.

RYU K.S., AHN M.Y., LEE H.S., KIM I., KIM, J.W., KIM S.H., CHOI J.H.

Department of Sericulture and Entomology, NIAST, RDA, Suwon 441-100, Korea.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 123-126. (E)

Effects and mechanisms of silkworm powder as a blood glucose-lowering agent.

RYU K.S., LEE H.S., KIM I.

Dept. Seric. Ent. Nat. inst. Agric. S. & T., Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(2), 93-100. (E)

Interaction among silkworm ribosomal proteins P1, P2 and P0 required for funcitonal protein binding to the GTPase-associated domain of 28S rRNA.

SHIMIZU T., NAKAGAKI M., NISHI Y., KOBAYASHI Y., HACHIMORI A., UCHIUMI T.

Inst. of High Pol. Res. & Dept. of Appl. Biol. Sci., Fac. of Textile Sci. and Tech., Shinshu Univ., Ueda 386-8567, Japan

2002 *Nucleic Acids Res.*, Vol. 30(12), 2620-2627. (E)

Physiological effect of heavy ion beam irradiation on larval hemopoietic organs of silkworm, *Bombyx mori*.

SHIQING X., KIGUCHI K., ERJUN L., SHIRAI K., FUKAMOTO K., ZHENLI T.

Department of Sericulture, Soochow University, Suzhou 215006.

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(3), 194-198. (C,e)

Thermal acclimative changes in the different lipid fractions composition of fat body of eri-silkworm, *Philosamia ricini* (Ward.)

SINGH G.B., SINGH M.K.

Silkworm Research Laboratory, Udai Pratap College, Varanasi, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(1), 13-17. (E)

Ecdysteroid-dependent expression of a novel cuticle protein gene BMCPG1 in the silkworm, *Bombyx mori*.

SUZUKI Y., MATSUOKA T., IIMURA Y., FUJIWARA H.

Dept of Integ. Biosc., Grad. School of Frontier Sci., Univ. of Tokyo, Bioscience Building 501, 277-8562, Kashiwa, Japan.

2002 *Insect Biochem. Mol. Biol.*, Vol. 32(6), 599-607. (E)

Cortex mori extract induces cancer cell apoptosis through inhibition of microtubule assembly.

SY N., *et al.*

Department of Microbiology, School of Natural Science, Jeonju Univeristy, Korea

2002 *Arch. Pharm. Res.*, Vol. 25(2), 191-196. (E)

Purification and characterization of nucleoside diphosphate kinase from the brain of *Bombyx mori*.

UNO T., UENO M., KIKUCHI M., AIZONO Y.

Lab. of Biol. Chemistry, Dept. of Biofunctional Chem., Fac. of Agriculture, Kobe University, Nada-ku, Kobe Hyogo, Japan.

2002 *Arch. Insect Biochem. Physiol.*, Vol. 50(3), 147-155. (E)

Effects of *Bombyx mori* intestinal digestive juice on the infectivity of insect baculoviruses.

YONGZHU Y., YAJING Z., ZHIFANG Z., XUAI L., JIALU H.

Key Lab. of Silkworm Biot., M. of Agric., Seric. R. Inst., Chinese Acad. of Agric. S., Zhenjiang 212018.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 203-206. (C,e)

Qualitative and relative value analyses on female and male fluorescence pigment of silkworm race "Yingguang".

ZHENGCHENG Y., RUICHANG S., YINYU G., FENGLIN Z., YOKOYAMA T., TAMULA Y.

The Sericultural Research Institute of Shandong Province, Yantai 264002, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 151-156. (C,e)

Study on multivoltine yellow blood silkworm for medicine utilization.

ZHIYI C., SENGTAI L., QINGBING L., LIEHUI C., YUMING W., XIZHENG Y.

The Sericultural Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural, Guangzhou 510640, China.

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 173-176. (C,e)

Effects of insect hormones on the replication of nucleopolyhedrovirus.

ZHOU Y.J., YI Y.Z., XIAO Q.L., ZHANG Z.F., HE J.L., ZHANG Y.X.

Key Lab. of Silkworm Biotech., Min. Agric. Seric. R. Inst., Chinese Acad. Agric. S., Zhenjiang 212018, Jiangsu, China

2002 Int. J. Indust. Entomol, Vol. 4(2), 137-141. (E)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms: eggs, embryology

Influence of synthetic diapause hormone on carbohydrate metabolism in silkworm eggs.

Dayang W., ZHONGHUI X., FURUSAWA T.

College of Silk Science, Southwest Agricultural University, Chongqing 400716, China.

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(2), 99-103. (C,e)

Embryonic development in the eggs of the silkworm, *Bombyx mori*, exposed to the space environment.

FURUSAWA T., *et al.*

Kyoto Institute of Technology, Sakyo-ku, Kyoto, Japan.

2001 *Biol. Sci. Space*, Vol. 15, 177-182. (E)

An ovarian follicular epithelium protein of the silkworm (*Bombyx mori*) that associates with the vitelline membrane and contributes to the structural integrity of the follicle.

KENDIRGI F., SWEVERS L., IATROU K.

Dept. of Biochem. and Molecular Biology, University of Calgary, 3330 Hospital Drive N.W., T2N 4N1, Calgary, AB, Canada

2002 *FEBS Letters*, Vol. 524(1-3), 59-68. (E)

Induction of non-diapause eggs and manifestation of quantitative characters by low temperature incubation of eggs in the silkworm, *Bombyx mori* L.

SINGH R., JAYASWAL K.P., RAGHAVENDRA RAO D., KARIAPPA B.K., PREMALATHA V.

Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore-570008, Karnataka, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(2), 149-153. (E)

Biochemical changes during embryonic diapause in domestic silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae)

SINGH T., SARATCHANDRA B.

Central Silk Board, B.T.M. Layout, Madivala, Bangalore 560068, India.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 1-12. (E)

Vers à soie : glandes séricigènes

Silkworms: silk glands

Molecular cloning and characterization of the fibroin light chain gene from the silkworm baekok-jam (*Bombyx mori*).

CHOI K.H., *et al.*

College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 5(1), 93-102. (E)

Cloning and expression of *Bombyx mori* silk gland elongation factor I gamma in *Escherichia coli*.

KAMIE K., *et al.*

Department of Bioscience and Biotechnology, Faculty of Engineering, Aomori University, Japan.

2002 *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Vol. 66(3), 558-565. (E)

Transgenic insects. Expressing green fluorescent protein-silk fibroin light chain fusion protein in transgenic silkworms.

MORI H.

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

2002 *Methods Mol. Biol.*, Vol. 183, 235-243. (E)

Isolation, characterization and cDNA sequence of a carotenoid binding protein from the silk gland *Bombyx mori* larvae.

TABUNOKI H., *et al.*

Div. Radiological Protection, national Institute of Infectious Diseases, Shinjuku, Tokyo 162-8640.

2002 *J. Biol. Chem.*, in press

The degradation of fibroin molecule in the preparation of solubilized fibroin from the cocoon of the silkworm, *Bombyx mori*.

TSUBOUCHI K., YAMADA H., TAKASU Y.

national Institute of Agrobiological Sciences, 1-2 Owashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8634, Japan.

2002 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 71(1), 1-5. (J)

Altering fibroin heavy chain gene of silkworm *Bombyx mori* by homologous recombination.

ZHAO Y., CHEN X., PENG W.P., DONG L., HUANG J.T., LU C.D.

Inst. of Bioch. & Cell Biol. Shanghai Inst. for Biol. Sc., Chinese Acad. of Sc., Shanghai 200031, China.

2001 *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu WU Li Xue Bao (Shanghai)*, Vol. 33(1), 112-116. (E)

Comparative analysis of the activity of proteinase inhibitor in the silkworm geographic strain's cocoon.

ZHIYONG Q., QIAOLING Z., ZHIFANG Z., ANYING X., XIAYU Y., JIALU H.

Key Lab. of Silkworm Biotech., Min. of Ag., Seric. Res. Inst., Chinese Acad. of Agric. Sciences, Zhenjiang 212018, China

2002 Canye Kexue, Vol. 28(2), 94-98. (C,e)

Soie

Silk

Heterogeneous structure of silk fibers from *Bombyx mori* resolved by ^{13}C solid-state NMR spectroscopy.

ASAKURA T., YAO J., YAMANE T., UMEMURA K., ULRICH A.S.

Dept. of Biotechnology, Tokyo Univ. of Agric. and Technol., Koganei, Tokyo 184-8588, Japan.

2002 *J. Am. Chem. Soc.*, Vol. 124(30), 8794-8795. (E)

Analysis of the distribution of intervals of feeding ends under fixed size reeling of raw silk.

BAI L.

Soochow University, N. 1 Shizi str., Suzhou 215006, China.

2002 *Journal of Insect Biotechnology and Sericology*, Vol. 71, 91-95. (E)

Rheological characterization of *Nephila spidroin* solution.

CHEN X., KNIGHT D.P., VOLLRATH F.

Dept. of Zoology, University of Oxford, South Parks Road, Oxford XO1 3PS, UK.

2002 *Biomacromolecules*, Vol. 3(4), 644-648. (E)

Functional silk proteins : molecular structure and application to biomaterials.

DEMURA M., YEO J.H., LEE K.G., LEE Y.W.

Division of Biological Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0810, Japan.

2002 *Int. J. Indust. Entomol.*, Vol. 4(1), 1-4. (E)

Fibrillation behavior for silk fibers from the Japanese oak silkworm, *Antheraea yamamai*, treated with DMSO.

HANANOUCHI T., KAWAHARA Y., KIMURA T.

Div. of Advanced Fibro-Science, Grad. School, Kyoto Inst. of Tech., Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585, Japan.

2002 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 71(1), 15-20. (J)

Solid-state NMR relaxation studies of Australian spider silks.

KISHORE A.I., HERBERSTEIN M.E., CRAIG C.L., SEPÁROVIC F.

School of Chemistry, Univ. of Melbourne, Melbourne, VIC 3010 Australia.

2002 *Biopolymers*, Vol. 61(4), 287-297. (E)

An analytical model of the size curve of cocoon filament and its application to the simulation test.

LUN B., WANGCHUN F., JUN L., XIA L.

College of Material Technology, Soochow University, Suzhou 215021.

2002 *Canye Kexue*, Vol. 28(3), 233-237. (C,e)

Structures and physical properties of poly(vinyl alcohol)/sericin blended plastic.

MIYAKE H., WAKISAKA H., NAGURA M.

North Eastern Industrial Research Center of Shiga Prefecture, Mitsuyamotomachi 27-39, Nagahama 526-0024, Japan.

*2002 Journal of Insect Biotechnology and Sericology, Vol. 71, 85-89. (E)***Amaltas - a natural dye for silk.**

SHARADA DEVI A., KATYAYINI V.K.L.T., SUMANTHY B.S.

AICRP-CT, Post Graduate and Reserach Centre, Hyderabad, Andhra, Praesh, India.

*2002 Indian Silk, Vol. 41(3), 19-22. (E)***Discharge printing on silk using sodium hydrosulphite.**

TUTEJA S., GAHLOT M.

Department of Clothing & Textile, College of Home Science, G.P. Pant Univ of Agr & Tech, Pantnagar, Uttaranchal.

*2002 Indian Silk, Vol. 41(4), 24-26. (E)***The molecular structure of spider dragline silk: folding and orientation of the protein backbone.**

VAN BEEK J.D., HESS S., VOLLRATH F., MEIER B.H.

Physical Chemistry, Eidgenossische Technische Hochschule Zurich, CH-8093 Zurich, Switzerland.

*2002 Proc. Natl. Acad. Sci. USA (in press). (E)***Sizing of silk fabrics with gelatin and acasia.**

VASTRAD J.V., SANAPAPAMMA K.J.

Dpt of Textiles & Clothing, Col. of Rural Home Science and University of Agricultural Sciences, Dharwad, India.

*2002 Indian Silk, Vol. 41(2), 25-26. (E)***Preparation and properties of immobilization of glucose isomerase on silk fibroin.**

XIANGRUI Z., JUNLIANG X.

Department of Sericulture and Apiculture, College of Animal Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029.

*2002 Canye Kexue, Vol. 28(3), 238-241. (C,e)***Dyeing anionized silks by an anthocyanin from cultured *Euphorbia milli* cells.**

YAMAMOTO Y., KUMAZAWA A., SAKATA K., KINOSHITA Y., KATAYAMA A.

*2002 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 71(1), 27-31. (J)***The handling performances and the mechanical properties for the pongees wownen with silk yarns dyed black using vegetable dye stuffs.**

YAMAZAKI K., SAKAGUCHI A., TORIUMI K.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano, 386-8567 Japan.

*2002 J. Seric. Sci. Jpn., Vol. 71(1), 21-26. (J)***Path coefficient analysis on major silk quality characteristics of the silkworm, *Bombyx mori* L.**

ZHAO Q.L., LI L., WEI Z.J., ZHANG Z.F., SHEN X.J.

Key Lab. of Silkworm Biotech., M. of Agric., Seric. R. Inst., Chinese Acad. of Agric. Sciences, Zhenjiang 212018, China.

2002 Int. J. Indust. Entomol., Vol. 5(1), 135-139. (E)

