

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

H. BOUVIER
G. CHAVANCY
A. FOURNIER

Managing Director
Chief Editor
Deputy Editor

COMITE DE REDACTION **EDITORIAL BOARD**

AKAPANTHU S. (Thaïlande / <i>Thailand</i>)	LIU S-X. (Chine / <i>China</i>)
BEAULATON J. (France)	LU H-S. (Chine / <i>China</i>)
BECK D. (France)	MANO Y. (Japon / <i>Japan</i>)
BOSQUET G. (France)	MAUCHAMP B. (France)
COUBLE P. (France)	NARASIMHANNA M.N. (Inde / <i>India</i>)
DANDIN S.B. (Inde / <i>India</i>)	PERSOONS C.J. (Pays-Bas / <i>Netherlands</i>)
DAS B.C. (Inde / <i>India</i>)	PRUDHOMME J-C. (France)
DATTA R.K. (Inde / <i>India</i>)	REALI G. (Italie / <i>Italy</i>)
DOIRA H. (Japon / <i>Japan</i>)	SHIMURA K. (Japon / <i>Japan</i>)
FONSECA T.C. (Brésil / <i>Brazil</i>)	SHIRATA A. (Japon / <i>Japan</i>)
FOURCHE J. (France)	SOMASHEKAR T.H. (Inde / <i>India</i>)
FREDDI G. (Italie / <i>Italy</i>)	SONWALKAR T.N. (Inde / <i>India</i>)
GOLDSMITH M.R. (USA)	TAKAHASHI R. (Brésil / <i>Brazil</i>)
HORIE Y. (Japon / <i>Japan</i>)	TAZIMA Y. (Japon / <i>Japan</i>)
IATROU K. (Canada)	TRENCZEK T. (Suisse / <i>Switzerland</i>)
JOLLY M.S. (Inde / <i>India</i>)	VAGO C. (France)
KOBAYASHI M. (Japon / <i>Japan</i>)	VEY A. (France)
KRISHNASWAMY S. (Inde / <i>India</i>)	XIA J-G. (Chine / <i>China</i>)
LEA H. Z. (Corée / <i>Korea</i>)	YAMASHITA O. (Japon / <i>Japan</i>)
LEGAY J-M. (France)	YANAGAWA H. (Japon / <i>Japan</i>)

SOMMAIRE - CONTENTS

Statistiques 1993 / 1993 Statistics	v
Actualités / News	viii
Revue / Review	
Role of secondary macronutrients in mulberry cultivation	401
Rôle des macroéléments nutritifs secondaires dans la culture du mûrier	415
K.P. SINGH, R.S. TEOTIA & S.K. SEN	
Articles originaux / Original papers	
Studies on heterosis expression and degrees of dominance displayed for some quantitative traits characterizing the food utilization in F ₁ crosses between Japanese and Chinese bivoltine races of the silkworm, <i>Bombyx mori</i> L.	421
Etudes sur l'expression de l'hétérosis et les degrés de dominance pour certains paramètres quantitatifs caractérisant l'utilisation de nourriture chez des croisements F ₁ entre des races bivoltines japonaise et chinoise du ver à soie <i>Bombyx mori</i> L.	431
P. TZENOV, N. PETKOV & Y. NATCHEVA	
Rearing of Bulgarian breeds and hybrids of the silkworm (<i>Bombyx mori</i> L.) on artificial diet during the first instar	435
Elevage de lignées et d'hybrides bulgares de ver à soie (<i>Bombyx mori</i> L.) sur aliment artificiel au cours du premier âge	443
E. GENOVA	
Studies on the structure of nucleic acids of the densovirus of <i>Bombyx mori</i>	
China (Zhenjiang) strain	447
Etudes sur la structure des acides nucléiques du virus de la densoïdose de <i>Bombyx mori</i> de la souche Chine (Zhenjiang)	451
GAO Q. & CAI Y.	
Combining ability estimates in the eri silkworm, <i>Samia cynthia ricini</i> Boisduval, for larval and cocoon traits	455
Estimation de la capacité combinatoire chez le ver à soie eri <i>Samia cynthia ricini</i> Boisduval pour les caractères de la larve et du cocon	461
M. NAGARAJA & R. GOVINDAN	
Glucoside from the traveler's joy, <i>Clematis peniculata</i> , elicits blisters on cultured <i>Antheraea eucalypti</i> cells and feeding inhibition to <i>Bombyx mori</i>	465
Les glucosides de la clématite <i>Clematis peniculata</i> provoquent des cloques sur des cellules en culture d' <i>Antheraea eucalypti</i> et une inhibition alimentaire chez <i>Bombyx mori</i>	473
T. SHIMIZU, M. YAZAWA & S. HAYASAKA	
Effect of some growth regulators on seed germination in the mulberry, <i>Morus alba</i>	477
Effet de certains régulateurs de croissance sur la germination des graines chez le mûrier <i>Morus alba</i>	483
Z. PETKOV	
Control of the white powdery mildew, <i>Phyllactinia corylea</i> (Pers) Karst, with the ladybird beetle, <i>Illeis indica</i> Timb. (Coccinellidae: Coleoptera)	485
Lutte contre l'oidium blanc <i>Phyllactinia corylea</i> (Pers) Karst par la coccinelle <i>Illeis indica</i> Timb. (Coccinellidae: Coleoptera)	493
S.S. BHATTACHARJEE, N. CHAKRABORTY, C.A. KUMAR & A.K. SAHAKUNDU	

Studies on bivoltine cocoon cooking: effect of time and temperature of retting on absorption and moisture content in Indian and Japanese cocoons	497
Etudes sur la cuisson des cocons bivoltins : effet de la durée et de la température de rouissage sur l'absorption et le contenu en humidité des cocons indiens et japonais	
G. HARIRAJ & H. KINOSHITA	

Effect of feeding mulberry leaves deficient in secondary nutrients on larval growth, development, cocoon weight and silk quality	511
Effet du nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires sur la croissance et le développement larvaire, le poids du cocon et la qualité de la soie . .	
M.A. SHANKAR, K. SHIVASHANKAR & M.C. DEVAIAH	

Notes brèves / Brief notes

Impact of farmers' training in sericulture	523
Impact de la formation des fermiers en sériciculture	
K. THANGAVELU	

Feeding frequency: the economic potentiality and efficacy in tropical bivoltine rearing during the favourable season	533
Fréquence de nourrissage : potentiel et rentabilité économiques dans l'élevage tropical des vers à soie bivoltins au cours de la saison favorable	
S. DAS, P.K. SAHA, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN	

Biochemical changes in the haemolymph of the silkworm, <i>Bombyx mori</i> L., during the progressive infection of nuclear polyhedrosis virus (BmNPV)	539
Modifications biochimiques dans l'hémolymph du ver à soie <i>Bombyx mori</i> L. au cours de l'infection par le virus de la polyédrose nucléaire (BmNPV)	
B.J. SARMA, M.V. SAMSON, V. SIVAPRASAD, M. BALAVENKATASUBBAIAH & R.K. DATTA	

Studies on the extent of mulberry leaves destruction by the Bihar hairy caterpillar, <i>Diacrisia obliqua</i> Walker	545
Etude sur l'étendue de la destruction des feuilles de mûrier par la chenille velue du Bihar <i>Diacrisia obliqua</i> Walker	
T.N. NATH, SHIV NATH, N.G. CHAKRABORTY & S.K. SEN	

Studies on the fungicidal control of leaf rust disease (<i>Aecidium mori</i> Berclay) of mulberry	555
Etudes sur la lutte contre la rouille foliaire du mûrier (<i>Aecidium mori</i> Berclay) à l'aide de fongicides	
R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K. SEN	

Life table studies on the gall-forming psyllid, <i>Trioza fletcheri</i> minor (Psyllidae: Homoptera) on primary tasar food plants	561
Etude du cycle de <i>Trioza fletcheri</i> minor (Psyllidae : Homoptera) cécidogène sur une plante nourricière tasar	
R.N. SINGH & K. THANGAVELU	

Bibliographie / Bibliography	569
---	-----

Statistiques 1993 - 1993 Statistics

Tableau I. Production de cocons et de soie grège en 1993

Table I. 1993 cocoon and raw silk production

Pays <i>Country</i>	Cocons frais <i>Fresh cocoons</i> (tonnes)	Soie grège <i>Raw silk</i> (tonnes)
Brésil / <i>Brazil</i>	19 134	2 326
Bulgarie / <i>Bulgaria</i>	156.205	12.5
Chine / <i>China</i>	619 000	71 845
Colombie / <i>Colombia</i>	225.6	10.5
Côte d'Ivoire / <i>Ivory Coast</i>	3.4	0
Egypte / <i>Egypt</i>	24.0	3.10
France	1.114	0.5
Géorgie / <i>Georgia</i>	500	150
Grèce / <i>Greece</i>	29	-
Inde / <i>India</i>	129 685	14 168*
Indonésie / <i>Indonesia</i>	1 218	174
Italie / <i>Italy</i>	27.441	-
Japon / <i>Japan</i>	11 212	4 253
Madagascar	90***	-
Maroc / <i>Morocco</i>	0.928	0.035
Roumanie / <i>Romania</i>	42	5
Sri Lanka	39.3	3.3
Thaïlande / <i>Thailand</i>	15 555	1 665
Turquie / <i>Turkey</i>	720	120
Vietnam	11 200**	1 200

- Données non fournies / *Data not supplied.*

* Dont 1 168 tonnes non mûrier / *Including 1 168 tonnes non mulberry.*

** Dont 200 tonnes non mûrier / *Including 200 tonnes non mulberry.*

*** Dont 40 tonnes non mûrier / *Including 40 tonnes non mulberry.*

Tableau II. Exportations et importations de cocons et de soie grège en 1993

Table II. 1993 cocoon and raw silk imports and exports

Pays	Exportation de cocons secs (tonnes)	Exportation de soie grège (tonnes)	Importation de cocons secs (tonnes)	Importation de soie grège (tonnes)
Country	Dry cocoon exports (tonnes)	Raw silk exports (tonnes)	Dry cocoon imports (tonnes)	Raw silk imports (tonnes)
Brésil / Brazil	2 022	1 920	0	0.2
Bulgarie / Bulgaria	11	4	0	0
Chine / China	-	6 203	0	0
Colombie / Colombia	-	17.5	-	-
Côte d'Ivoire / Ivory Coast	1.23	0	0	0
Egypte / Egypt	0	0	34.6	37.7
France	0	0	1.2	324
Géorgie / Georgia	-	-	-	-
Grèce / Greece	0	0	0	-
Inde / India	0	0	0	2 768*
Indonésie / Indonesia	343.227	0	234.357	0
Italie / Italy	0.337	21.070	0	2 824.239
Japon / Japan	0	0	5 128	1 484
Maroc / Morocco	0	0	0	25
Mexique / Mexico	0	0	0	0.320
Roumanie / Romania	0	0	56	0
Sri Lanka	0	0	0	0
Taïwan / Taiwan	0	0	0	207
Thaïlande / Thailand	0	90	0	445
Turquie / Turkey	0	0	54	72
Vietnam	0	800	0	0

- Données non fournies / Data not supplied.

* Dont 757 tonnes non mûrier / Including 757 tonnes non mulberry.

Tableau III. Prix moyens du kilogramme de cocons en dollars américains en 1993

Table III. Average prices for 1 kg cocoons in US dollars in 1993

Pays	Prix payé aux producteurs (cocons frais)	Prix à l'exportation (cocons secs)	Prix à l'importation (cocons secs)
Country	Price paid to producers (fresh cocoons)	Export price (dry cocoons)	Import price (dry cocoons)
Brésil / Brazil	2.00	9.60	xx
Bulgarie / Bulgaria	2.00	8.40	xx
Colombie / Colombia	2.89	-	-
Côte d'Ivoire / Ivory Coast	0.86	12.17	xx
Egypte / Egypt	8.30	xx	4.60
France	9.35-14.39	xx	13.00
Géorgie / Georgia	0.20	xx	xx
Grèce / Greece	3.60	xx	xx
Inde / India	2.89	xx	xx
Indonésie / Indonesia	2.25	4.80	5.80
Italie / Italy	-	23.60	xx
Japon / Japan	14.61	xx	11.62
Roumanie / Romania	1.20	xx	5
Sri Lanka	3.40	xx	xx
Thaïlande / Thailand	3.00	xx	xx
Turquie / Turkey	3.65	xx	2.60
Vietnam	2.0-2.5	xx	xx

- Données non fournies / Data not supplied.

xx : Pas d'importation/d'exportation de cocons / No cocoon import/export.

TURQUIE

De notre correspondant à Bursa.

La production de cocons frais en 1994 a diminué d'environ 36 % par rapport à 1993.

Cette année, douze mille fermiers ont élevé 17 953 boîtes de graines dans 27 provinces de Turquie et produit 455 tonnes de cocons frais et 80 tonnes de soie grège.

Le prix moyen d'1 kg de cocons frais était de USD 2.00.

TURKEY

From our correspondent in Bursa.

Fresh cocoon production in 1994 decreased by about 36% as compared with 1993.

This year, twelve thousand farmers reared 17 953 seed boxes in 27 provinces of Turkey and produced 455 tonnes of fresh cocoons and 80 tonnes of raw silk.

The average price for 1 kg of fresh cocoons was USD 2.00.

ROLE OF SECONDARY MACRONUTRIENTS IN MULBERRY CULTIVATION

K.P. SINGH, R.S. TEOTIA & S.K. SEN

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

Keywords: Secondary macronutrients, calcium, magnesium, sulphur, mulberry cultivation.

INTRODUCTION

The importance of minerals in plant nutrition is recognised universally. It is also fully realised that an increase in crop yield per unit area of land depends upon the mineral nutrition because the native soil fertility alone cannot be relied upon. In general, the average leaf yield of mulberry in developing and tropical countries is low due to low yielding genotypes, drought, diseases and nutrient constraints. Nutritional disorders occur because the mulberry is generally grown year after year in the same impoverished soil with little or no fertiliser usage at all. As a result of crop uptake, large quantities of nutrients are depleted and become less available, in turn bringing down the leaf yield and quality.

The growth and development of silkworm larvae, *Bombyx mori* L., and the economic characters of cocoons are greatly influenced by the nutritional content of mulberry leaves (Krishnaswami *et al.*, 1971). There are instances where usage of macro- and micronutrients has increased the quality and quantity of mulberry leaves and cocoon yield (Ray and Gupta, 1974; Viswanath, 1979). Besides, the secondary nutrients, i.e., calcium, magnesium and sulphur, are as essential for plant growth as the so-called major plant nutrients. However, information regarding secondary nutrients for plant growth in general and the mulberry in particular is meagre, as has rightly been pointed out by Roy (1980) and Loknath and Shivashankar (1986). To meet the ever-increasing demand of silk, therefore not only recourse has to be made to the application of secondary nutrients but also the basic role which secondary nutrients play in soil pH, deficiency diseases, biosynthesis of chemicals, judicious use as a soil reclamative agent and fertiliser, disease and pest and weed control should be known. They will remain key input in the quality and quantity of leaf and cocoon production.

ROLE OF NUTRIENTS WITH RELATION TO

Soil pH:

Mulberry can be grown in acidic as well as alkaline soils. Highly acidic and alkaline soil pH affects the plant growth adversely. Slightly acidic soils having a pH value of 6.2-6.8 are ideal for mulberry cultivation. The relationships of the soil pH with these secondary nutrients are as follows :

Since calcium is added as lime to reduce the level of aluminium and hydrogen in the soil system, there is usually an interaction between calcium and soil pH for plants growing in soil systems. Maas (1969) found that reducing solution pH values below 4.5 reduced the calcium uptake by excised maize roots, whereas reducing the solution pH at pH levels above 4.5 had little effect. Leggett and Gilbert (1969) found no effect of solution pH on calcium uptake by excised soybean roots over the pH range 3.8 to 6.5. In soil system and at pH levels above 5.0, calcium concentrations in solution are higher compared to hydrogen concentrations. Hence, pH probably has little direct effect on the calcium uptake rate because hydrogen would not offer much competition for common absorption sites. The total calcium content of Indian soils varies from 0.07 % to 3.60 % depending upon ecological factors, i.e., climate, soil, etc.

Moore *et al.* (1961) observed a rapid decrease in magnesium uptake from solution by excised barley roots when pH decreased below 5.0. Maas and Ogata (1971) obtained a reduction in magnesium uptake by excised corn roots when solution pH was 5.0. Leggett and Gilbert (1969), working with excised soybean roots, observed a reduction in magnesium uptake when pH was below 5.5. All three studies gave similar results. Information is needed with intact roots to determine the same effect when whole plants and longer absorption times are used.

Soils containing aluminium and iron oxides absorb sulphate, and the amount of absorption decreases with increasing pH. Barrow (1967) found absorption to be positively correlated with the total soil nitrogen. Hence, while many soils absorb little sulphate, soils containing allophane or amorphous aluminium and iron oxides absorb sulphate on their surfaces. This absorption is greatest at low pH, increases soil pH, furthermore, releasing absorbed sulphate into solution (Elkins and Ensminger, 1971). Naik and Das (1964) showed that the available sulphur content in Indian soils with pH level varied greatly (Table I).

Table I. Available sulphur content in Indian soils according to the pH level.

Tableau I. Contenu en soufre des sols indiens en fonction du niveau de pH.

Soil type	pH range	Sulphur (ppm)		
		Minimum	Maximum	Mean
Type de de sol	Fourchette du pH	Soufre (ppm)		
		Minimum	Maximum	Moyenne
Lateritic / Latéritique	4-6	4.25	14.35	8.31
Red / Rouge	5-7	2.15	29.00	8.01
Alluvial / Alluvial	7-8	3.73	5.70	4.74
Black / Noir	7-9	4.60	160.00	21.42
Coastal alluvium / Alluvion côtier	7-8	10.70	17.45	14.02
Saline and alkaline / Salin et alcalin	7-10	56.50	2000.00	1074.00

From Naik and Das (1964) / D'après Naik et Das (1964).

Deficiency diseases:

All agricultural crop plants suffer from the deficiency of minerals and mulberry is not an exception (Rangaswami *et al.*, 1976). According to Russel (1961), such types of deficiency diseases are also caused by secondary nutrients.

Calcium deficiency:

Calcium is a relatively immobile ion in plants and usually the element does not move out of the older leaves to younger upper leaves. Owing to the immobility, symptoms of deficiency appear at the extremities of the plant — terminal bud, youngest leaves and root tips. The young leaves show chlorosis along the veins, making the leaves pale. The stem becomes woody and short with yellowing tips and the roots become stunt and dry. Liming the fields with the requisite amount of lime prevents deficiency.

Magnesium deficiency:

In contrast with calcium, magnesium is mobile. In case of deficiency, it moves from older leaves to younger leaves with the result that older leaves show interveinal yellowing or interveinal chlorosis. The leaf tip and margin become dried and scorched. Application of magnesium sulphate or magnesium oxide in requisite quantities prevents the deficiency in the plants.

Sulphur deficiency:

The sulphur within the plant is highly mobile and autoradiographic studies of the intact plants after feeding with radioactively labelled sodium sulphate ($\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$) revealed that S^{35} is first accumulated in the youngest main shoot tip, followed by rapid mobilisation to different parts of the plant (Das and Sen, 1980). Since most of the sulphur is utilised for the synthesis of protein, its content in younger leaves is higher than in the stem or root. Therefore, under deficiency, the hunger signs are immediately manifested in the young leaves. The deficient mulberry plants are characteristically small and spindly. The tender leaves are light green to yellowish. The maturity of the leaves is delayed. Fruit become light green, thick-skinned and less juicy (Das and Das, 1991).

Biosynthesis of chemicals:

Adequate supply of mineral nutrients to plants leads to synthesis of various chemicals which are required to perform different functions in the metabolism and overall growth. Otherwise, plants suffer from their deficiency.

According to Bidwell (1979), secondary macronutrients play a major role in the synthesis of a variety of biochemicals in plants.

1. Calcium is important in the synthesis of pectin in the middle lamella of the cell wall. It is also involved in the metabolism or formation of the nucleus and mitochondria. Calcium is thus an extremely important element to most plants and an acute shortage can lead to rapid deterioration and death of the plant. Meristematic regions are affected first because a shortage of calcium prevents cell division. Incomplete cell division or mitosis without the formation of a new cell wall results in the formation of multinucleated cells which are characteristic of calcium deficiency.

2. Magnesium plays several important roles in the plant. It appears to be involved in the stabilisation of ribosomal particles binding together the subunits that make up the ribosome. It is involved in numerous enzymatic reactions in various capacities. First, it may serve to link the enzyme and substrate together, as for example in reactions involving phosphate transfer from ATP, in which magnesium serves as a link, binding the enzyme to its substrate. Second, magnesium may serve to alter the equilibrium constant of a reaction by binding with a product as for example in certain kinase reactions. Third, it may act by complexing with an enzyme inhibition.

Magnesium is an activator, by one or more of these mechanisms, of many of the phosphate transfer reactions its enzymes involved in the synthesis of nucleic acids, and also of many of the enzymes involving carbon dioxide transfer — carboxylation and decarboxylation reactions. As such, magnesium is crucial for the reactions of energy metabolism as well as in the synthesis of nuclear, chloroplast and ribosomal constituents. Finally, magnesium is a component part of the chlorophyll molecule and is thus essential for photosynthesis.

3. Sulphur forms part of the amino acid cysteine, cystine and methionine and is an important constituent of proteins and some biologically active compounds such as glutathione, biotin, thiamine, coenzyme A. The involvement of sulphur in carbohydrate metabolism and formation of flavonoid compounds are well documented. It often, in the form of oxidisable sulphhydryl (SH) groups, serves the active site of some redox and electron transfer agents. It is also important in forming disulphide (S-S) bridges that are involved in forming and stabilising the tertiary structure of enzymes and other proteins.

Soil amelioratives and fertilisers:

It is well known that for any increase in leaf yield per unit area of land, the fertility of the soil alone cannot be relied upon and recourse has to be made to the application of fertilisers and manures.

The role of secondary nutrients as fertilisers and their effect on mulberry are as follows :

1. Calcium:

It is seldom applied as a foliar-sprayed fertiliser because it can be efficiently applied to the soil. Mainly calcium is applied in the soil for the correction of acidic as well as alkaline soils by the use of limestone and gypsum. Generally liming materials applied for the correction of soil acidity are (i) calcic limestone (CaCO_3), (ii) dolomitic limestone, (iii) quick lime (CaO), (iv) hydrated lime (slaked lime), (v) marble, (vi) chalk and (vii) blast furnace stone. Among these, calcic limestone, dolomitic limestone, hydrated limestone are popular. Almost all agricultural lime is calcium carbonate. Most of them are a mixture of calcium and magnesium carbonate, and a few others are calcium oxide or calcium hydroxide.

Table II. Lime requirements for acidic soils.

Tableau II. Quantités de chaux nécessaires en sol acide.

Soil pH <i>pH du sol</i>	Requirements of limestone (kg/ha)		
	Sandy loam	Loam	Clay loam
	<i>Quantités de calcaire (kg/ha)</i>		
	<i>Terre sablonneuse</i>	<i>Terre grasse</i>	<i>Terre argileuse</i>
5.0	1258	1888	2937
5.2	1035	1636	2545
5.4	923	1384	2156
5.6	775	1132	1762
6.0	420	745	979
6.2	252	377	587

From Singh *et al.* (1992) / D'après Singh *et coll.* (1992).

Table III. Gypsum requirements for alkaline soils.

Tableau III. Quantités de gypse nécessaires en sol alcalin.

Soll pH <i>pH du sol</i>	Quantity (tonnes/ha) <i>Quantité (tonnes/ha)</i>
7.4-7.8	2.0
7.9-8.4	5.0
8.5-9.0	9.0
≥ 9.1	14.0

From Singh *et al.* (1992) / D'après Singh *et coll.* (1992).

All liming materials supplied to the soil with calcium or calcium and magnesium mixtures raise the pH of soils and reduce the harmful action of iron, aluminium and manganese to plant roots. The choice of any by the user is determined by the cost in relation to its purity, the easiness of handling and the speed liming reaction.

It has also been observed that in acid soils, a high amount of exchangeable aluminium creates problem with the physiology of the plants. Phosphorus is therefore used in higher quantity to neutralise this effect. It suggests a dual use of phosphorus as a fertiliser and a soil reclamation material. Rock phosphate is very useful for root formation at initial stage.

The required quantity of lime and gypsum for the correction of acidic as well as alkaline soils of mulberry gardens are given in Tables II and III, respectively.

Table IV. Average CaO contents of some of the most commonly used calcium-bearing materials other than lime.

Tableau IV. Contenus moyens en CaO de certains des supports de calcium les plus utilisés autres que la chaux.

Sl no. N° de série	Name of the materials Nom du support	CaO (%)
1	Calcium nitrate / Nitrate de calcium	27.14
2	Ammonium nitrate-lime mixture / Mélange chaux-ammonitrate	11.40
3	Calcium cyanamide / Cyanamide calcique	53.89
4	Gypsum / Gypse	31.17
5	Phosphate rock / Rocher phosphateux	46.29
6	Superphosphate (ordinary / ordinaire)	27.36
7	Superphosphate (triple)	19.99
8	Wood ashes / Cendres de bois	32.87

From Mehring (1948) / D'après Mehring (1948).

Studies conducted for the reclamation of alkaline soils of mulberry gardens showed that gypsum at the rate of 4 t/ha brought down the pH from 8.55 to 7.45. When mulberry cuttings were planted in treated plots and data on the yield of mulberry leaves were collected, it was observed that treated plots gave 15% more leaf yield over the control (Anonymous, 1989-90). Ray (1980) observed that the leaf yields were 40,063.00 kg/ha/yr and 38,108.80 kg/ha/yr at low and high doses of lime as compared to the control, i.e. 38,038.40 kg/ha/yr. The low dose was more effective to increase the leaf yield over the control than the high dose. The same trend was followed in the moisture content, protein and total sugars whereas others, i.e., mineral content, reducing sugars, starch, carbohydrate and crude protein were non-significant over the control and high dose of lime (Table V).

As regards mulberry cultivation in acidic soils, Sarkar and Haque (1991) observed that lime application improved soil pH and soil constituents (both physical and chemical) and endorsed a progressively significant increase in leaf yield up to 25,803 kg/ha/yr for a dose of 1,600 kg lime/ha/yr over the control (13,635 kg/ha/yr). Furthermore, Teotia *et al.* (1992a) found calcium fertiliser (calcium ammonium nitrate, 'CAN') superior to urea to increase the plant height, number of branches, leaf yield and crude protein content in mulberry.

Table V. Effect of lime on mulberry plants.

Tableau V. Effet de la chaux sur les plants de mûrier.

Treatments	Moisture	Minerals	Proteins	Reducing sugar	Total sugar	Starch	Carbohydrate	Crude protein
Traitement	Humidité	Minéraux	Protéines	Sucres réducteurs	Sucres totaux	Amidon	Hydrates de carbone	Protéines brutes
Control <i>Témoin</i>	62.00	10.80	13.90	1.89	6.59	14.33	20.91	11.80
Lime (low) <i>Chaux (faible)</i>	63.65	10.40	14.83	1.27	5.93	14.33	20.33	11.67
Lime (high) <i>Chaux (élevé)</i>	63.25	11.00	14.35	1.17	7.54	13.96	21.50	11.45

From Roy (1980) / D'après Roy (1980).

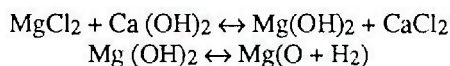
In addition, a few other studies conducted in acidic soils had advocated an increase in soil pH from 5.50 to 6.80 (Ross *et al.*, 1964), water retention capacity and binding of soil particles besides soil pH (Rehman, 1983) and increase in exchangeable calcium and magnesium (Moschler *et al.*, 1962) after lime application.

As such, calcium salts and fertilisers are of great use to improve the fertility of mulberry gardens, increase the leaf yield and improve the quality of mulberry leaf, resulting in higher cocoon production, as rightly emphasised by Yokoyama (1962), Horikawa (1960) and Kirsur (1987).

2. Magnesium :

The principal source of magnesium is dolomitic limestone ($\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$). Besides, a few more materials are used to supply calcium and magnesium for the correction of soil acidity (Table VI). In contrast to calcium, very few of the carriers of primary nutrients contain large amounts of magnesium. Therefore, a material known principally for major magnesium content is required to be added with fertilisers. Dolomite limestone is a major carrier of magnesium and is widely used for this purpose. Magnesium may also be supplied through magnesium sulphate or sulphate of potash magnesia.

Magnesia is produced by calcining magnesite or brucite to give MgO . It may also be made from well brines or sea water by a process illustrated by the following formulae :



Nowadays, magnesium sulphate solution is a common foliar-sprayed fertiliser. The reason is that when magnesium fertiliser is applied to the soil to recover the magnesium deficiency symptoms of perennial plants, such as mulberry and apple trees, it commonly takes three years whereas foliar sprays are effective in a few days after application.

On the effects of foliar application of magnesium on the growth, yield and quality of mulberry leaves, Loknath and Shivashankar (1986) found that the total number of leaves/plant and leaf area/plant were more at the rate of 2.50 kg/ha/yr than at the rate of 1.25 kg/ha and control. However, foliar application of magnesium was found conducive for improving neither foliage yield of mulberry (Table VII) nor any silk characteristics (Loknath *et al.*, 1986).

Table VI. Average MgO content of common magnesium-bearing materials.

Tableau VI. Contenu moyen en MgO des supports de magnésium courants.

Sl no.	Name of the material	MgO content
N° de série	Nom du support	Contenu en MgO
1	Basic slag / Scories de déphosphoration	5.63
2	Ammonium nitrate-lime mixture / Mélange ammonitrate-chaux	7.40
3	Epsom salts / Sels d'Epsom ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	16.00
4	Kieserite, calcite / Kiesérite, calcite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	30.50
5	Manure salt / Sel de fumure (20 % K_2O)	5.92
6	Sulphate of potash-magnesia / Sulfate de potasse-magnésie	18.50
7	Magnesia / Magnésie	92.00

From Mehring (1948) / D'après Mehring (1948).

Table VII. Effect of magnesium on the growth and leaf yield of mulberry.

Tableau VII. Effet du magnésium sur la croissance et le rendement en feuilles du mûrier.

Treatments	Number of leaves/plant	Number of branches/plant	Leaf area/plant (cm^2)	Foliage yield (kg)
Traitements	Nombre de feuilles par plant	Nombre de ramifications par plant	Surface foliaire par plant (cm^2)	Rendement en feuilles (kg)
Mg 1.25 kg/ha	74.42	9.03	2,748	12,499
Mg 2.50 kg/ha	93.50	11.23	3,918	12,299
Water spray (control) Vaporisation d'eau (témoin)	84.24	11.62	2,507	13,355

From Loknath and Shivashankar (1986) / D'après Loknath et Shivashankar (1986).

3. Sulphur :

It is present in many commercial fertilisers. The average SO_3 content of mixed fertiliser is shown in Table VIII. Ordinary superphosphate and ammonium sulphate are the important sources. As higher analysis fertilisers are used and new materials come into being, particularly phosphate materials, the amount of 'incidental sulphur' in fertilisers will be less. Calcium phosphate is one of the least expensive source of sulphur. In addition to that furnished by fertilisers, large quantities of sulphur is supplied through fungicides and insecticides.

Table VIII. Average SO₃ content of common sulphur-bearing materials.Tableau VIII. Contenu moyen en SO₃ des supports de soufre courants.

SI no. N° de série	Name of the material Nom du support	SO ₃ (%)
1	Aluminium sulphate / <i>Sulfate d'aluminium</i>	37.30
2	Ammonium sulphate / <i>Sulfate d'ammonium</i>	59.67
3	Epsom salts / <i>Sels d'Epsom</i>	31.73
4	Calcium sulphate (gypsum) / <i>Sulfate de calcium (gypse)</i>	43.87
5	Sulphate of potash-magnesia / <i>Sulfate de potasse-magnésie</i>	56.76
6	Superphosphate (ordinary / <i>ordinaire</i>)	28.69
7	Potassium sulphate / <i>Sulfate de potassium</i>	44.09
8	Sulphur / <i>Soufre</i>	237.50

From Mehring and Bennett (1950) / *D'après Mehring et Bennett (1950)*.

Studies conducted for reclamation of alkaline soils of mulberry gardens showed that sulphur brought down the soil pH from 8.55 to 7.20 and 8.55 to 5.86 at the rate of 2 t/ha and 4 t/ha sulphur doses, respectively. Mulberry planted in plots treated with 4 t/ha sulphur gave 20% more leaf yield than the control and 2 t/ha dose (Anonymous, 1989-90).

Diseases and pests :

Disease, a malfunctioning process, is caused by a continuous irritation by fungi, bacteria, viruses and also mineral deficiencies or physiological disorders. Mulberry being a perennial plant is attacked by a number of pathogens, resulting in a considerable loss in quality and quantity of leaf production (Teotia and Sen, 1994). Manipulation of host nutrition has proved commercially useful in a number of crops (Huber, 1980; Teotia *et al.*, 1992b, 1994). Also there is certain evidence supporting direct as well as indirect (through pesticide formulations) usage of secondary macronutrients to control pests and diseases of mulberry, as listed in Table IX.

Weed control :

Weeds are a great menace to all agricultural crops and mulberry is not an exception (Das *et al.*, 1971; Vijay and Razi, 1977; Ali and Qaiyyum, 1991). They not only compete mulberry for nutrients, moisture, light and space but also serve as alternate and collateral hosts of pathogens (Govindaiah *et al.*, 1989). Srinivasan *et al.* (1987) reported that weed densities of 4, 8, 16 and 32 weeds per m² reduced the nutrient status of the mulberry leaf and the resultant loss was of the order of 4,590 to 8,650 kg of moisture, 302 to 571 kg of crude protein, 39.43 to 72.37 kg of reducing sugars and 219.7 to 449.9 kg of total carbohydrates. Crop-weed competition in mulberry has been studied for its leaf yield loss (Sikdar *et al.*, 1984).

Manual weeding, though it is quite effective, is a labour-oriented and time-consuming operation. Nowadays, manual power has become dearer day by day and the narrowing margins of daily norms and ever-increasing demand pose problems in the work. Now, agronomists have suggested to use weedicides to overcome this menace. These secondary nutrients can also be used as weedicides.

Calcium cyanamide can be effective at the rate of 1680-2240 kg/ha before plantation (4 weeks) in irrigated fields for all weeds. It is generally used on nitrogen deficient soils, and more recent work has shown that a mixture of calcium cyanamide and kainite at a ratio of 1:6 is superior to either alone.

Table IX. Utilisation of secondary nutrients (Ca, Mg and S) in pesticide formulations and control of pests and diseases of mulberry.

Tableau IX. Utilisation d'éléments nutritifs secondaires (Ca, Mg et S) dans les formulations de pesticides et dans la lutte contre les parasites et les maladies du mûrier.

Formulation	Secondary nutrient	Dose	Disease/ pest	Authors
<i>Formulation</i>	<i>Elément nutritif secondaire</i>	<i>Dose</i>	<i>Maladie ou parasite</i>	<i>Auteurs</i>
A. Lime-sulphur mixture <i>A Mélange chaux-soufre</i>	Ca and S <i>Ca et S</i>		PM <i>Phyllactinia corylea</i>	Rangaswamy <i>et al.</i> (1976)
B. Wettable sulphur <i>B. Soufre humidifiable</i>	S	2-6 kg/ha	i) PM <i>Phyllactinia corylea</i> ii) TS <i>Myrothecium roridum</i>	Yokoyama (1967) Govindaiah <i>et al.</i> (1989)
C. Bordeaux mixture <i>C. Bouillie bordelaise</i>	Ca and S <i>Ca et S</i>	1.0 %	<i>Phyllactinia corylea</i> RR <i>Aecidium mori</i>	Yokoyama (1962) Rangaswami <i>et al.</i> (1976)
D. Zineb (Dithan Z-70)	S	0.2 % 0.2 %	i) <i>Aecidium mori</i> ii) SC (<i>Botryodiplodia theobromae</i>)	Wang (1980) Sree (1984)
E. Mancozeb	S	0.25 % 0.2 % 400 ppm 0.2 % 0.2 % 0.2 %	i) LS <i>Fusarium solani</i> ii) LB <i>F. pallidroseum</i> iii) LS <i>Cercospora moricola</i> iv) BLB <i>Pseudomonas mori</i> v) <i>Botryodiplodia theobromae</i> vi) LS <i>Phleosphora maculans</i>	Chowdhary and Raj (1986) Govindaiah <i>et al.</i> (1990) Kanti (1976) Docca <i>et al.</i> (1987) Sree (1984) Munshi <i>et al.</i> (1987)
F. Captan	S	0.2 % 0.2 %	i) <i>Phleospora maculans</i> ii) W <i>Sclerotium rolfsii</i>	Munshi <i>et al.</i> (1987) Siddaramaiah and Patil (1984)
G. Lime water <i>G. Eau de chaux</i>	Ca	20 %	RR i) <i>Helicobasidium mompa</i> ii) <i>Rosellinia necatrix</i>	Mandal <i>et al.</i> (1992)
H. Calcium cyanamide <i>H. Cyanamide calcique</i>	Ca	2 400 g/m ²	i) -do- i) <i>idem</i> ii) BD <i>Bacterium moricolum</i> <i>Bacterium mori</i> <i>Bacterium cubonianas</i>	-do- <i>idem</i> Rangaswami <i>et al.</i> (1976)

Continued / Suite page suivante

Table IX. Continued / *Tableau IX. Suite.*

Formulation	Secondary nutrient	Dose	Disease/ pest	Authors
<i>Formulation</i>	<i>Elément nutritif secondaire</i>	<i>Dose</i>	<i>Maladie ou parasite</i>	<i>Auteurs</i>
I. Tracel-2	Ca	2 %	<i>Phyllactinia corylea</i>	Teotia <i>et al.</i> (1992a)
	Mg	2 %	<i>Cercospora moricola</i>	Teotia <i>et al.</i> (1994)
J. Endo-sulfan	S	0.1 %	i) T (<i>Maconellicoccus hirsutus</i>)	Subba Rao (1989)
		0.1 %	ii) SB <i>Apriona yugicollis</i> <i>Batocera ruformaculata</i> <i>Stheias gristor</i> <i>Indrabela quadrinotata</i> <i>Iasioglossum</i> spp.	Subba Rao (1989)
		0.1 %	iii) <i>Taeniothrips scarlatris</i> <i>T. glycines</i> <i>Haplothrips glycines</i> <i>Themiothrips melanicornis</i> <i>Anaphothrips sudensis</i> <i>Coliotrhops indicus</i>	Subba Rao (1989)
		0.1 %	iv) M (<i>Tetranychus equitorius</i>)	Pillai and Jolly (1986)

PM: Powdery mildew / *Oïdium*. TS: Tar spot / *Tache du goudron*. RR: Red rust / *Rouille*. SC: Stem canker / *Chancre de la tige*. LS: Leaf spot / *Tache foliaire*. LB: Leaf blight / *Flétrissure foliaire*. BLB: Bacterial leaf blight / *Flétrissure foliaire bactérienne*. W: Wilt / *Flétrissure*. RR: Root rot / *Pourrissement des racines*. BD: Bacterial diseases / *Maladies bactériennes*. T: Tukra. ST: Stem borer / *Térébrant de la tige*. T: Thrips. M: Mite / *Acarien*.

Wolf (1953) stated that calcium cyanamide is one of the most successful pre-emergence herbicide because it kills germinating weed seeds without injury to the crop. Calcium cyanate is a selective weedicide and it can be applied for selective weeds in the fields. Calcium chlorate is also a weedicide and can be used in the crop fields.

There is far less information on the usage of magnesium and sulphur in weed control. While magnesium chlorate can be used as a weedicide, diluted sulphuric acid is a cheap and quick acting herbicide for annuals. Rabate (1926) in France and Korsmo (1932) in Norway found that selective spray of diluted sulphuric acid not only killed most of broad leave weeds in cereals but in many cases resulted in a definite increase in yield. An average of 211 of Korsmo's (1932) experiments carried out from 1914 to 1922 on spring sown grains in Norway showed an increase in yield on sprayed plots of 25.3 % above unsprayed plots. Sulphuric acid generally gives better results than harrowing, hand pulling, spraying with iron sulphate or nitric acid or dusting with calcium cyanamide or other dry herbicides.

CONCLUSION

In review, by the above-stated information regarding the different roles of these secondary nutrients with relation to soil pH, deficiency diseases, biosynthesis of chemicals, judicious use of fertilisers and diseases, pest, and weed control can enable the production of quality foliage and, ultimately, quality cocoon yield to be boosted up, which will be helpful in the expansion of sericulture in different parts of the country and abroad. It is highly necessary for secondary nutrients to carry out further extensive research work on the above-stated aspects where we can apply the results gradually at field level through demonstration on a pilot scale. Once a technology for secondary nutrients is established and diversified, not only will the cost of production reduce much but also the growers, reelers and traders will be benefitted.

REFERENCES

- ALI R., QAIYYUM M.A. (1991) A survey of weed flora of some mulberry fields in Bangladesh. *Bull. Sericult. Res.*, 2(2), 48-53.
- ANONYMOUS (1989-90) Annual report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India, pp. 23-25.
- BARROW N.J. (1967) Studies on absorption of sulfate by soils. *Soil Sci.*, 104, 342-349.
- BIDWELL R.G.S. (1979) *Plant Physiology*. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.
- CHOWDHARY S.K., RAJ S.K. (1986) *Fusarium solani* (Mart) Sacc., a new pathogen causing leaf spot disease in mulberry and its control. *Sericologia*, 26(2), 125-130.
- DAS B.C., PRASAD D.N., RAJAN R., KRISHNASWAMI S. (1971) A survey of common weeds occurring in the mulberry farms of West Bengal. *Indian J. Seric.*, 10, 28-36.
- DAS B.K., SEN S.P. (1980) Effect of N, P and K deficiency on ion uptake in rice. *Indian Agric.*, 24(2), 61-75.
- DOCCA E., FRATILA E., GRUMEZA C., VEVERA L., LOGDFETICI I., RUSU V., CIMPOESEU S. (1987), Observations on the main diseases of mulberry tree as SCPCS, Banase Bucharest (Romania. *Lucr. Stiint. Inst. Agron. 'Nicolae Balcescu' Zootech.*, 30(0), 19-24.
- ELKINS D.M., ENSIMINGER L.E. (1971) Effect of soil pH on the availability of absorbed sulfate. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 35, 931-934.
- GOVINDAIAH, DANDIN S.B., MADHAVA RAO Y.R. (1989a), Host range of *Meloidogyne incognita* causing root knot disease in mulberry (*Morus alba* L.). *Indian J. Seric.*, 28(1), 121-126.
- GOVINDAIAH, SENGUPTA K., SHARMA D.D., GARGI, GUNASEKHAR V. (1989b), A new leaf spot disease of mulberry caused by *Myrothecium roridum* Tode ex. Fr. *Current Sci.*, 58(7), 398.
- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SINGHAL B.K., SENGUPTA K. (1990) *Fusarium pallidoroeseum* (Cooke) sacc., a new pathogen causing leaf blight in mulberry (*Morus alba* L.). *Indian J. Seric.*, 29(2), 291-292.
- HORIKAWA S. (1960) *Mulberry cultivation*. Toyo Trading Co., Ltd., Tokyo, Japan, pp. 5.
- HUBER D.M. (1980) The role of mineral nutrition in defense. pp. 381-406. *In Plant diseases, an advanced treatise*. Vol. V, J.G. Horsfall and E.E. Cowlings eds., Academic Press, Inc., New York.
- KANTI K.S.R. (1975) Studies on *Cercospora* leaf spot of mulberry (*Morus alba* L.) M.Sc. (Agri.) thesis submitted to Univ. Agricult. Sci., Hebbal, Bangalore, India.
- KIRSUR M.V. (1987) Control of acidity for better mulberry growth. *Indian Silk*, 25(11), 20-22.
- KRISHNASWAMI S., KUMARARAJ S., VIJAYARAGHAVAN K., KASIVISWANATHAN K. (1971) Silkworm feeding trials for evaluating the quality of mulberry leaves as influenced by variety, spacing and nitrogen fertilisation. *Indian J. Seric.*, 9(1), 79-89.
- KORSMO E. (1932) Undersøkelse 1916-1926. Over ugrsessets skade yirkninoes og deta bekiempeles I. Akerbrucket. Johnsen and Nielsens Boktrykkfi, Oslo, 411 pp.
- LEGGETT J.E., GILBERT W.A. (1969) Magnesium uptake by soybeans. *Plant Physiol.*, 44(8), 1182-1186.
- LOKNATH R., SHIVASHANKAR K. (1986) Effect of foliar application of micronutrients and magnesium on the growth, yield and quality of mulberry (*Morus alba* Linn.). *Indian J. Seric.*, 25(1), 1-5.

- LOKNATH R., SHIVASHANKAR K., KASIVISWANATHAN K. (1986) Effect of foliar application of magnesium and micronutrients to mulberry on the quality and production of cocoons. *Indian J. Seric.*, 25(1), 40-41.
- MASS E.V. (1969) Calcium uptake by excised maize roots and interactions with alkali cations. *Plant Physiol.*, 44(7), 985-989.
- MASS E.V., OGATA G. (1971) Absorption of magnesium and chloride by excised corn roots. *Plant Physiol.*, 47(3), 357-360.
- MANDAL S.R., BISWAS S., TEOTIA R.S. (1992) Management of root rot diseases of mulberry. *Indian Silk*, 30(12), 42-45.
- MEHRING A.L. (1940) Calcium in fertilizers. *Soil Sci.*, 65, 9-25.
- MEHRING A.L. (1948) Magnesium in fertilizers, soil amendments and manure. *Soil Sci.*, 66, 147-159.
- MEHRING A.L., BENNETT G.A. (1950) Sulphur in fertilizers and soil amendments. *Soil Sci.*, 70, 73-82.
- MOORE D.P., OVERSTREET R., JACOBSON (1961) Uptake of magnesium and its interaction with calcium in excised barley roots. *Plant Physiol.*, 36, 290-295.
- MOSCHLER W.W., STIVERS R.K., HALLOCK D.L. (1962) Lime effect on soil reaction and base content of eleven soil types in Virginia. *Va. Agric. Exp. Sta. Tech. Bull.*, 159, 47.
- MUNSHI N.A., TANKI T.N., JARGAR M.A., DAS B.C. (1987) Field evaluation of fungicides against leaf spot diseases of mulberry in Kashmir. *Indian J. Seric.*, 26(2), 86-89.
- NAIK M.S., DAS N.B. (1964) Available sulphur status of Indian soils by the *Aspergillus niger* method. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 12(2), 151-155.
- PILLAI S.V., JOLLY M.S. (1986) Studies on the population build-up and control measures of the red spider mite, *Tetranychus equatorices* (McGr.) *Indian J. Seric.*, 25(1), 15-21.
- RABATE E. (1926) The use of sulfuric acid against weeds and certain crop parasites. *International Rev. Sci. and Proct. Agr. (Ronu)*, 4, 535-545.
- RANGASWAMI G., NARASIMHANNA M.N., KASIVISWANATHAN K., SASTRY C.R., JOLLY M.S. (1976) Sericulture Manual I. Mulberry cultivation. *FAO Agricultural Services Bull.* no. 15.
- RAY D., GUPTA B.K. (1974) Effect of micronutrients on the yield and chemical composition of mulberry leaf. *In Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India*, pp. 76-78.
- REHMAN M.A. (1983) Effect of liming in renovating the old tea soils. *Abstracts of 8th Bangladesh Sci. Conf.*, Section I, pp. 44-45.
- ROSS G.J., LAWTON K., ELLIS B.G. (1964) Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28, 209-212.
- ROY D. (1980) Annual Report. Central Sericultlural Research and Training Institute, Berhampore, India, pp. 51-53.
- RUSSEL B.W. (1961) Soil conditions and plant growth. Longmans, Green and Co., New York.
- SARKAR A.A., HAQUE M.T. (1991) Effect of lime and ash on the physiochemical characteristics of an acid soil and leaf yield of mulberry. *Bull. Sericult. Res.*, 2, 1-6.
- SHREE M.P. (1984) Control of mulberry stem canker disease caused by *Botryodiplodia theobromae* Pat. *Sericologia*, 24, 325-331.
- SIDDARAMAIAH A.L., PATIL R.R. (1985) New wilt disease of sprouted cuttings of mulberry in the nursery from India. *Indian J. Seric.*, 23, 46.
- SIKDAR A.K., KRISHNASWAMI S., BHARATHI A. (1981) Effect of weed competition on growth and leaf yield of mulberry. *Indian J. Seric.*, 20, 7-10.
- SINGH K.P., TEOTIA R.S., GOWDA P. (1992) Agricultural practices of soil for mulberry cultivation. *Indian Silk*, 31(1), 33-37.
- SRINIVASAN E.B., SUBBASWAMY M.R., SIKDAR A.K., BHARATH A., JOLLY M.S. (1987) Effect of weed density on nutritive value of mulberry (*Morus indica* L.). *Indian J. Seric.*, 26(2), 72-75.
- SUBBA RAO G. (1989) Field book of sericulture, for extension management. Central Silk Board, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India.

- TEOTIA R.S., CHOUDHARY S.K., CHINYA P.K. (1992a) Studies on effect of 'CAN' on growth and leaf yield of mulberry in acidic soil. *Indian J. Seric.*, 31(1), 31-36.
- TEOTIA R.S., MANDAL S.R., SENGUPTA K. (1992b) Effect of foliar sprays of macro and micronutrients on the susceptibility of mulberry to leaf rust and powdery mildew diseases. *Nat. Conf. Mulberry Seric. Res.*, 10-11 December 1992, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India (Abstract), pp. 59.
- TEOTIA R.S., SEN S.K. (1994) Mulberry diseases in India and their control. *Sericologia*, 34(1), 1-18.
- TEOTIA R.S., MANDAL S.K., SEN S.K. (1994) Effect of foliar nutrition on the development of leaf spot disease of mulberry. *Sericologia*, 34(1), 159-162.
- VIJAYA B.A., RAZI B.A. (1977) Studies on the weed flora of mulberry gardens. Part II : Enumeration of Weeds. *Indian J. Seric.*, 16, 19-33.
- WANG H. (1980) Rust of mulberry (*Aecidium mori*). *Nat. Sci. Coun. Mon.*, 8(7), 604-615.
- YOKOYAMA T. (1962) Synthesized science of sericulture. Central Silk Board, Bombay, India, pp. 12-13

ROLE DES MACROELEMENTS NUTRITIFS SECONDAIRES DANS LA CULTURE DU MURIER

K.P. SINGH, R.S. TEOTIA & S.K. SEN

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

INTRODUCTION

L'importance des minéraux dans la nutrition des végétaux est universellement reconnue. Il est également bien établi que l'augmentation du rendement d'une culture donnée par surface unitaire de terre dépend de la nutrition en minéraux car on ne peut pas s'appuyer sur la fertilité du sol seule. En général, le rendement moyen en feuilles de mûrier dans les pays tropicaux ou en voie de développement est faible en raison de l'utilisation de génotypes peu performants, de la sécheresse, des maladies et des carences nutritives. Des désordres nutritionnels apparaissent car les mûriers sont cultivés année après année sur le même sol appauvri sans pratiquement aucun apport d'engrais. La culture intensive a pour conséquence l'épuisement des sols en éléments nutritifs, entraînant des pertes de rendement en feuilles et une diminution de leur qualité.

La croissance et le développement des larves du ver à soie *Bombyx mori* L. et les caractères économiques du cocon sont fortement influencés par le contenu nutritionnel des feuilles de mûrier (Krishnaswami et coll., 1971). Il a été démontré, dans certains cas, que l'utilisation de macroéléments et de microéléments augmente la qualité et la quantité des feuilles de mûrier et le rendement en cocons (Ray et Gupta, 1974 ; Viswanath, 1979). En outre, les éléments nutritifs secondaires (calcium, magnésium et soufre) sont tout aussi indispensables à la croissance des végétaux que les éléments dits majeurs. Cependant, on dispose de peu d'informations sur l'action des éléments nutritifs secondaires sur la croissance des végétaux en général et du mûrier particulier, comme l'ont justement indiqué Roy (1980) et Loknath et Shivashankar (1986). Aussi, afin de répondre à la demande croissante de soie, est-il nécessaire non seulement d'avoir recours à l'application d'éléments nutritifs secondaires mais également d'élucider leur rôle dans le pH du sol, les maladies liées aux carences, la biosynthèse des substances chimiques, l'utilisation judicieuse de ces dernières comme agent de mise en valeur d'une terre et comme engrais, dans la lutte contre les maladies, les parasites et les mauvaises herbes. Les éléments nutritifs secondaires restent un facteur clef de la production de feuilles et de cocons, qualitativement et quantitativement.

ROLE DES ELEMENTS NUTRITIFS

pH du sol :

Le mûrier peut être cultivé aussi bien en sol acide qu'en sol alcalin. Un pH très alcalin ou très acide a un effet négatif sur la croissance de la plante. Les sols légèrement acides dont le pH varie de 6,2 à 6,8 sont les plus favorables à la culture du mûrier. La relation entre le pH du sol et les éléments nutritifs secondaires est décrite ci-dessous.

Le calcium étant ajouté sous la forme de chaux pour réduire la teneur en aluminium et en hydrogène dans le sol, il y a généralement interaction entre le calcium et le pH du sol pour les végétaux cultivés dans la terre. Maas (1969) a découvert que la réduction des valeurs du pH au-dessous de 4,5 diminuait la quantité de calcium absorbée par les racines de maïs coupées mais si la réduction du pH ne descend pas au-dessous de cette valeur, elle a peu d'effets. Leggett et Gilbert (1969) n'ont observé

aucun effet du pH de la solution sur l'absorption de calcium par les racines de soja coupées si le pH se situe entre 3,8 et 6,5. Dans les plantations, lorsque le pH dépasse 5,0, les concentrations en calcium sont très élevées par rapport aux concentrations en hydrogène. Il semble que le pH ait donc peu d'effet direct sur le taux d'absorption de calcium, l'hydrogène n'étant pas en compétition pour les sites d'absorption communs. Le contenu total en calcium des sols indiens varie de 0,07 % à 3,60 %.

Moore et coll. (1961) ont observé une diminution rapide de l'absorption de magnésium à partir d'une solution par les racines coupées d'orge lorsque le pH descend au-dessous de 5,0. Maas et Ogata (1971) ont obtenu une réduction de l'absorption de magnésium par les racines de blé coupées lorsque le pH de solution était de 5,0. Leggett et Gilbert (1969), dans une étude sur les racines de soja coupées, ont observé une réduction de l'absorption de magnésium lorsque le pH était inférieur 5,5. Ces trois études aboutissent à des résultats identiques. Il est nécessaire d'obtenir des données avec des racines intactes afin de déterminer si les effets sont similaires avec des plantes entières et sur des laps de temps plus longs.

Les sols contenant de l'aluminium et de l'oxyde de fer absorbent le sulfate et le taux d'absorption diminue lorsque le pH augmente. Barrow (1967) a découvert que l'absorption était corrélée positivement avec l'aluminium extractible et négativement avec l'azote total du sol. Aussi, bien que la plupart des sols absorbent peu de sulfate, les sols contenant de l'allophane ou de l'aluminium amorphe et de l'oxyde de fer absorbent du sulfate en surface. Cette absorption est plus importante à faible pH, entraînant une augmentation du pH et libérant le sulfate absorbé dans la solution (Elkins et Ensminger, 1971). Naik et Das (1964) ont démontré que le contenu en soufre des sols indiens varie fortement avec la teneur en pH (Tableau I).

Maladies liées aux carences :

Toutes les cultures sont sensibles à la déficience en minéraux et le mûrier ne fait pas exception (Rangaswami et coll., 1976). D'après Russel (1961), ce type de maladie est également provoqué par les éléments nutritifs secondaires.

Déficience en calcium :

Le calcium est un ion relativement immobile chez les végétaux et cet élément ne se déplace généralement pas des feuilles âgées vers les jeunes feuilles supérieures. En raison de cette immobilité, des symptômes de déficience apparaissent aux extrémités de la plante : bourgeon terminal, jeunes feuilles et extrémités des racines. Les jeunes feuilles présentent une chlorose le long des nervures qui leur donne une couleur pâle. La tige devient ligneuse et courte avec des extrémités jaunissantes et les racines se rabougrissent et s'assèchent. Le chaulage avec les quantités voulues de chaux permet de prévenir cette déficience.

Déficience en magnésium :

Contrairement au calcium, le magnésium est mobile. En cas de déficience, il se déplace des feuilles âgées vers les jeunes feuilles ayant pour résultat un jaunissement ou une chlorose entre les nervures des feuilles âgées. L'extrémité et la marge de la feuille s'assèchent et se flétrissent. L'application de sulfate de magnésium ou d'oxyde de magnésium dans les quantités voulues permet de prévenir cette déficience chez les végétaux.

Déficience en soufre :

Le soufre contenu dans la plante est hautement mobile et des études autoradiographiques sur des plantes intactes après nourrissage avec du sodium radioactif ($\text{Na}_2\text{S}^{35}\text{O}_4$) ont révélé que le S^{35} était d'abord accumulé dans les extrémités des pousses principales les plus jeunes puis se déplaçait rapidement vers les différentes parties de la plante (Das et Sen, 1980). La majeure partie du soufre étant utilisée pour la synthèse des protéines, il est présent en plus grande quantité dans les jeunes feuilles que dans la tige ou dans la racine. En cas de déficience, les signes de carences se manifestent donc immédiatement dans les jeunes feuilles. Chez le mûrier, cette déficience se caractérise par des plants petits et rachitiques. Les jeunes feuilles sont vert clair à jaunâtre. La maturité des feuilles est retardée. Les fruits deviennent vert clair, ont une peau épaisse et sont moins juteux (Das et Das, 1991).

Biosynthèse des substances chimiques :

Un apport adéquat de minéraux chez les plantes entraîne la synthèse de diverses substances chimiques qui sont nécessaire aux différentes fonctions du métabolisme et à la croissance générale. Sans cet apport, les plantes présentent des carences.

D'après Bidwell (1979), les macroéléments secondaires jouent un rôle primordial dans la synthèse d'un grand nombre de substances biochimiques chez les végétaux.

1. Le calcium est important dans la synthèse de la pectine dans la lamelle médiane de la paroi cellulaire. Il est également impliqué dans le métabolisme ou la formation du noyau et des mitochondries. Ainsi le calcium est un élément extrêmement important pour la plupart des végétaux et une forte carence peut entraîner la détérioration rapide et la mort de la plante. Les régions méristématiques sont affectées les premières car le manque de calcium empêche la division des cellules. Une division cellulaire incomplète ou une mitose sans formation d'une nouvelle paroi cellulaire se traduit par la formation de cellules multinucléolées caractéristiques de la déficience en calcium.

2. Le magnésium joue plusieurs rôles chez les végétaux. Il semble qu'il soit impliqué dans la stabilisation des particules ribosomiques en reliant entre elles les sous-unités formant le ribosome. Il est impliqué dans un grand nombre de réactions enzymatiques à plusieurs titres. Premièrement, il peut servir à lier l'enzyme et le substrat, comme, par exemple, dans les réactions impliquant un transfert de phosphate à partir de l'ATP dans lequel le magnésium sert de lien entre l'enzyme et son substrat. Deuxièmement, le magnésium peut modifier la constante d'équilibre d'une réaction donnée, par exemple, pour certaines kinases. Troisièmement, il peut agir en se combinant avec une inhibition enzymatique.

Le magnésium est un activateur, par l'un ou plusieurs de ces mécanismes, d'un grand nombre de réactions de transfert de phosphate, dont les enzymes sont impliquées dans la synthèse des acides nucléiques et d'un grand nombre d'enzymes impliquées dans les réactions de transfert du dioxyde de carbone-carboxylation et décarboxylation. Le magnésium est donc essentiel dans les réactions du métabolisme énergétique ainsi que dans la synthèse des composants nucléaires, chloroplastiques et ribosomiques et est donc indispensable à la photosynthèse.

3. Le soufre fait partie des acides aminés cystéine, cystine et méthionine et est un composant important des protéines et de certains composés biologiquement actifs comme le glutathion, la biotine, la thiamine et le coenzyme A. Le rôle du soufre dans le métabolisme des hydrates de carbone et dans la formation des composés flavonoïdes a été étudié de manière approfondie. Sous forme de groupes sulfhydryls oxydables (-SH), il sert de site d'action à certains agents de transfert d'électrons de redox. Il est également important dans la formation de ponts disulfures (S-S) impliqués dans la formation et la stabilisation de la structure tertiaire des enzymes et d'autres protéines.

Amendement et engrais :

Il est bien établi que, pour augmenter le rendement en feuilles par unité de surface d'une terre, la fertilité du sol seule ne peut suffire et il est nécessaire d'avoir recours à l'application d'engrais et de fumure.

Le rôle des éléments nutritifs dans l'amendement et leur effet sur le mûrier sont décrits ci-dessous.

1. Calcium :

Il est rarement appliqué en vaporisation foliaire, son application directement sur le sol étant tout à fait efficace. Le calcium est surtout utilisé sous forme de calcaire et de gypse pour amender les sols acides et alcalins. Généralement, les matériels de chaulage appliqués pour corriger l'acidité du sol sont : 1) le calcaire calcique (CaCO_3), 2) le calcaire dolomitique, 3) la chaux vive (CaO), 4) la chaux hydratée (chaux éteinte), 5) le marbre, 6) la craie et 7) la brique réfractaire. Parmi ceux-ci, le calcaire calcique, le calcaire dolomitique et la chaux hydratée sont couramment utilisés. Les chaux utilisées

en agriculture sont presque toujours du carbonate de calcium. La plupart sont des mélanges de calcium et de carbonate de magnésium, certains étant de l'oxyde ou de l'hydroxyde de calcium.

Tous les matériels de chaulage appliqués directement dans le sol sous la forme de calcium ou de mélange de calcium et de magnésium permettent d'augmenter le pH du sol et de réduire l'action nocive du fer, de l'aluminium et du manganèse sur les racines des plantes. Le choix de l'un ou l'autre de ces matériels est déterminé par le coût en fonction de sa pureté, de sa facilité de manipulation et de la rapidité de réaction au chaulage.

Il a également été observé qu'en sol alcalin, de grandes quantités d'aluminium échangeable créent des problèmes au niveau de la physiologie des végétaux. Le phosphore est donc utilisé en grandes quantités pour neutraliser cet effet. Il a un double usage, à la fois comme engrais et comme matériel de mise en valeur de la terre. Le phosphate rocheux est très utile pour la formation des racines au stade initial.

Des études réalisées sur la mise en valeur des terres alcalines des mûraies ont montré que le gypse à raison de 4 tonnes/ha réduit le niveau du pH de 8,55 à 7,45. Après transplantation des boutures de mûriers dans des parcelles traitées et enregistrement des données concernant le rendement, les parcelles traitées donnent un rendement supérieur de 15 % à celui des parcelles témoins (Anonyme, 1989-90). Ray (1980) a observé que le rendement en feuilles est de 40 063,00 kg/ha/an et de 38 108,80 kg/ha/an pour la chaux à faible dose et à haute dose contre 38 038,40 kg/ha/an chez le témoin. On obtient de meilleurs rendements en feuilles lorsque la chaux est appliquée à faibles doses par rapport aux parcelles traitées avec de fortes doses ou témoins. Les contenus en humidité, en protéines et en sucre totaux suivent la même tendance, tandis que les contenus en minéraux, en sucres réducteurs, en amidon, en hydrates de carbone et en protéines brutes ne sont pas significativement différents de ceux obtenus chez les témoins et chez les parcelles traitées avec de fortes doses (Tableau V).

Pour ce qui concerne la culture du mûrier en sol acide, Sarkar et Haque (1991) ont observé que l'application de chaux améliorait le pH du sol et les composants du sol (aussi bien physiques que chimiques) et permettait d'obtenir une augmentation progressive et significative du rendement en feuilles allant jusqu'à 25 803 kg/ha/an à raison de 1 600 kg chaux/ha/an contre 13 635 kg/ha/an chez le témoin. De plus, Teotia et coll. (1992a) ont observé que l'engrais à base de calcium (ammonitrate de calcium, CAN) était supérieur à l'urée pour ce qui concerne la hauteur du plant, le nombre de ramifications, le rendement en feuilles et le contenu en protéines brutes chez le mûrier.

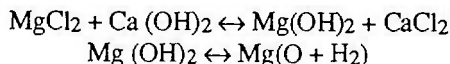
Par ailleurs, quelques autres études réalisées en sol acide ont permis de mettre en évidence une augmentation du pH du sol de 5,50 à 6,80 (Ross et coll., 1964), de la capacité de rétention de l'eau et de l'agglutination des particules du sol en plus du pH du sol (Rehman, 1983) et une augmentation du taux de calcium et de magnésium échangeable (Moschler et coll., 1962) après application de chaux.

Les sels calciques et les engrais sont donc très utiles à l'amélioration de la fertilité des mûraies car ils favorisent l'augmentation du rendement en feuilles et l'amélioration de la qualité des feuilles de mûriers, facteurs entraînant une meilleure production de cocons, comme l'ont justement souligné Yokokayama (1962), Horikawa (1960) et Kirsur (1987).

2) Le magnésium :

La principale source de magnésium est le calcaire dolomitique ($\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$). Quelques autres matériels sont également utilisés pour fournir du calcium et du magnésium afin de corriger l'acidité des sols (Tableau VI). Contrairement au calcium, très peu de supports naturels d'éléments nutritifs primaires contiennent de grandes quantités de magnésium. Il est donc nécessaire de savoir quel support principal du magnésium doit être ajouté aux engrais. Le calcaire dolomitique est le principal support du magnésium et son utilisation est largement répandue. Le magnésium peut également être fourni sous la forme de sulfate de magnésium ou de sulfate de magnésie de potasse.

La magnésie est produite par la magnésite de calcination ou la brucite qui donne le MgO . Elle peut également être obtenue à partir de saumure de puits ou d'eau de mer par le processus suivant :



Aujourd'hui, la solution de sulfate de magnésium est un engrais communément utilisé en vaporisation foliaire. En effet, lorsque les engrais à base de magnésium sont appliqués directement sur le sol, il faut attendre trois ans pour corriger les symptômes de carence en magnésium des plantes pérennes, comme le mûrier et le pommier, tandis que les vaporisations foliaires sont efficaces quelques jours après l'application.

Pour ce qui concerne les effets de l'application foliaire de magnésium sur la croissance, le rendement et la qualité des feuilles de mûrier, Loknath et Shivashankar (1986) ont observé que le nombre total de feuilles/plante et que la surface foliaire/plante étaient supérieurs avec l'application de 2,50 kg/ha/an par rapport à la dose de 1,25/ha et au témoin. Cependant, l'application foliaire de magnésium ne favorise ni l'amélioration du rendement en feuilles (Tableau VII) ni les caractéristiques de la soie (Loknath et coll., 1986).

3) Le soufre :

Il est présent dans de nombreux engrais commerciaux. Le contenu moyen en SO_3 des engrais mixtes est présenté dans le tableau VIII. Les deux sources principales sont le superphosphate ordinaire et le sulfate d'ammonium. Avec la mise au point d'engrais à haute teneur en matières actives et de nouveaux matériels, principalement de matériels à base de sulfate, la quantité de "soufre incidentel" dans les engrais est appelée à diminuer. Le sulfate de calcium est l'une des sources de soufre les moins chères. Outre celles fournies par les engrais, de grandes quantités de soufre sont appliquées par le biais des fongicides et des insecticides.

Des études sur la mise en valeur des sols alcalins des mûraies ont montré que l'apport de soufre diminuait le pH du sol de 8,55 à 7,20 à raison de 2 tonnes/ha et de 8,55 à 5,85 à raison de 4 tonnes/ha. Les mûriers plantés dans des parcelles traitées avec 4 tonnes/ha de soufre donnent un rendement en feuilles supérieur de 20 % à celui obtenu chez les parcelles témoins et chez les parcelles traitées à raison de 2 tonnes/ha (Anonyme, 1989-90).

Maladies et parasites :

La maladie, processus de dérèglement des organes, est provoquée par des irritations continues dues à des champignons, des bactéries, des virus ainsi qu'à des carences nutritionnelles et des désordres physiologiques. Le mûrier, plante pérenne, est infesté par un grand nombre d'agents pathogènes entraînant des pertes qualitatives et quantitatives considérables en terme de production foliaire (Teotia et Sen, 1994). La manipulation de la nutrition de l'hôte s'est avérée utile au niveau commercial pour de nombreuses cultures (Huber, 1980 ; Teotia et coll., 1992b, 1994). Certaines études ont permis de prôner l'utilisation directe et indirecte (par la formulation de pesticides) des macroéléments nutritifs secondaires pour lutter contre les parasites et les maladies du mûrier (Tableau IX).

Le désherbage :

Les mauvaises herbes constituent une menace pour toutes les cultures agricoles et le mûrier ne fait pas exception (Das et coll., 1971 ; Vijay et Razi, 1977 ; Ali et Qaiyyum, 1991). Non seulement elles sont en compétition avec le mûrier pour les éléments nutritifs, l'humidité, la lumière et l'espace mais elles servent d'hôtes de substitution et collatéraux pour les agents pathogènes (Govindaiah et coll., 1989). Srinivasan et coll. (1987) ont observé que des densités de mauvaises herbes à raison de 4, 8, 16 et 32 herbes par m^2 diminuaient la teneur en éléments nutritifs de la feuille, les pertes ainsi occasionnées sont de l'ordre de 4 590 à 8 650 kg d'humidité, 302 à 571 kg de protéines brutes, de 39,43 à 72,37 kg de sucres réducteurs et de 219,7 à 449,9 kg d'hydrate de carbone totaux. La compétition culture-herbe chez le mûrier a été étudiée afin de déterminer les pertes de rendement en feuilles (Sikdar et coll., 1984).

Le désherbage manuel, bien qu'efficace, requiert du travail et du temps. Aujourd'hui, le coût du travail manuel augmente de jour en jour, réduisant les marges bénéficiaires et la demande croissante de main d'œuvre pose des problèmes. Les agronomes suggèrent d'utiliser des désherbants pour surmonter ce problème. Les éléments nutritifs secondaires peuvent également être utilisés comme herbicides.

La cyanamide calcique peut être efficace à raison de 1680 à 2 240 kg/ha avant la plantation (4 semaines) dans les champs irrigués pour tous les types d'herbes. Elle est généralement utilisée sur les sols déficitaires en azote et des travaux récents ont montré que le mélange de cyanamide calcique et de kaïnite dans la proportion de 1:6 est plus efficace que les deux substances utilisées séparément. Wolf (1953) a établi que la cyanamide calcique est l'un des herbicides pré-émergence les plus efficaces car elle tue en cours de germination les graines des mauvaises herbes sans occasionner de dommages aux cultures. Le cyanate de calcium est un herbicide sélectif et peut être appliqué pour des herbes données dans les champs. Le chlorate de calcium est également un herbicide et peut être utilisé dans les plantations.

On dispose de beaucoup moins d'informations sur l'utilisation du magnésium et du soufre dans le désherbage. Bien qu'il soit possible d'utiliser le chlorate de magnésium comme herbicide, l'acide sulfurique dilué est un herbicide bon marché et à action rapide pour les plantes annuelles. Rabate (1926) en France et Kormo (1932) en Norvège ont découvert que la vaporisation sélective d'acide sulfurique dilué détruisait non seulement les plupart des herbes latifoliées chez les céréales mais permettait dans la plupart des cas une augmentation marquée du rendement. Une série de 211 expériences réalisées par Kormo (1932) de 1914 à 1922 sur les semis de printemps en Norvège a démontré que le rendement chez les parcelles traitées était supérieur de 25,3 % à celui des parcelles non traitées. L'acide sulfurique donne généralement de meilleurs résultats que le hersage, l'arrachage à la main, la vaporisation de sulfate de fer ou d'acide nitrique ou le saupoudrage de cyanamide calcique ou d'autres herbicides secs.

CONCLUSION

Les informations présentées dans cette revue décrivent les différents rôles des éléments nutritifs secondaires par rapport au pH du sol, aux maladies liées aux carences, à la biosynthèse des substances chimiques, à leur utilisation comme engrais, dans la lutte contre les maladies et les parasites et comme désherbants. Leur utilisation peut permettre d'améliorer la production de feuillage de qualité et, donc, de cocons de bonne qualité qui permettront de favoriser le développement de la sériciculture dans les différentes parties de notre pays et à l'étranger. Il est nécessaire d'effectuer des recherches approfondies sur les éléments nutritifs secondaires afin d'obtenir des résultats que nous pourrions transmettre progressivement sur le terrain par démonstration à l'échelle pilote. Lorsqu'une technologie pour les éléments nutritifs secondaires sera mise au point et diversifiée, la diminution du coût de production profitera aux cultivateurs, aux filateurs et aux commerçants.

STUDIES ON HETEROSIS EXPRESSION AND DEGREES OF DOMINANCE DISPLAYED FOR SOME QUANTITATIVE TRAITS CHARACTERIZING THE FOOD UTILIZATION IN F₁ CROSSES BETWEEN JAPANESE AND CHINESE BIVOLTINE RACES OF THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L.

P. TZENOV, N. PETKOV & Y. NATCHEVA

Sericultural Experiment Station, 24 Mito Orozov Street, Vratza 3000, Bulgaria.

A Japanese and a Chinese race, namely, Super 1 and Hessa 2, and their F₁ and F₂ crosses were included in the study. A comparatively higher expression of heterosis was manifested in the efficiencies of conversion of the supplied, ingested and digested mulberry leaves into body substances, cocoon shell and eggs. However, a very low heterosis expression was detected with respect to traits such as amount of food ingested, amount of food digested, approximate ingestibility and digestibility, consumption index and growth rate. The expression of heterosis was markedly higher when both parents and their F₁ crosses were fed at excess feeding amount. Positive dominance for the higher parent (HP) was present in the F₁ crosses as regards the amounts of food supplied and ingested per larva and ingestibility. Intermediate inheritance and negative dominance for the lower parent (LP) were observed in respect to the amount of food digested and digestibility. Overdominance for HP was present in the F₁ crosses as regards the efficiencies of conversion of food into body substances cocoon shell and eggs.

Keywords: Silkworm, *Bombyx mori* L., heterosis, degrees of dominance, food utilization.

INTRODUCTION

Sericulture is one of the agricultural activities where hybridization and heterosis are widely used. Crossing between Japanese and Chinese pure races, differing in many qualitative and quantitative characters, is the classical scheme of hybridization in the silkworm, *Bombyx mori* L.

Accordingly, it is crucial to detect the mode of inheritance of the most important quantitative characters in the F₁ crosses.

The studies concerning the inheritance of the quantitative characters in the silkworm, *Bombyx mori* L., deal mostly with traits such as survival ratio of larvae, cocoon and shell weights, silk ratio, filament length, raw silk percentage and so on (Petkov *et al.*, 1987; Zaharieva and Petkov, 1988; Grecov and Petkov, 1989; Govindan *et al.*, 1990; Krishna *et al.*, 1990; Ashoka and Govindan, 1990) but the inheritance of traits characterizing the food utilization has not been studied enough.

The present study has been carried out to analyse in detail the expression of heterosis and degrees of dominance displayed for some quantitative traits characterizing the food utilization in F₁ commercial crosses between typical Japanese and Chinese races of the silkworm, *Bombyx mori* L.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were conducted during the spring seasons in three favourable years, namely, 1991, 1992 and 1993.

In the present study the races, Super 1 and Hessa 2, as well as their F₁ and F₂ crosses were used. Super 1 is a Japanese bivoltine race which has larvae with markings and white, spindle-shaped cocoons. Hessa 2 is a typical Chinese bivoltine race, having larvae without marking and white, spherical-shaped cocoons. Both races are also used as parents of the hybrid Super 1 × Hessa 2 and its reciprocal, widely adopted in the field.

In order to secure identical feeding conditions for all parental, F₁ and F₂ generations, silkworm eggs of parent races, F₁ and F₂ crosses were prepared together annually and the larvae were reared at the same time.

With the purpose of checking the influence of the environment on the heterosis expression and degree of dominance, the larvae of each generation were fed at moderate (group 1) and at excess feeding amount (group 2).

In this experiment fifth instar larvae were used and 12 replicates, consisting of 50 larvae, were maintained for each generation and group. The dead larvae were replaced with healthy ones, reared in the same manner.

The mulberry leaves were harvested at the same age and location from low and middle stem plants of £106 variety.

The larvae were reared on trays at 23 ± 1 °C and 70 ± 5% RH. In order to calculate the ingestion and digestion of food and feeding indices, the standard gravimetric method described by Waldbauer (1968) and Horie and Watanabe (1983) was used.

The following quantitative traits, characterizing the food utilization, were determined:

- amount of mulberry leaves supplied per larva (g dry weight),
- ingested food per larva (g dry weight),
- approximate ingestibility (%),
- digested food per larva (g dry weight),
- approximate digestibility (%),
- growth rate (mg),
- consumption index (mg)
- efficiencies of conversion of the food supplied, ingested and digested into body substances, cocoon shell and eggs (ECS, ECI and ECD (%), respectively).

In preparing the inheritance analysis, the means of characters for the parent, showing a higher value ($\bar{X}_{HP}$), the parent showing a lower value ($\bar{X}_{LP}$), F₁ ($\bar{X}_{F1}$), F₂ ($\bar{X}_{F2}$) and a midparent value ($\bar{X}_{MP}$) were computed.

The expression of heterosis was calculated using the following formulae:

$$\frac{\bar{X} - \bar{X}_{HP}}{\bar{X}_{HP}} \text{ and } \frac{\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{MP}}{\bar{X}_{MP}} \text{ in percentage}$$

The inheritance of the characters was determined using the potence ratio method, described by Petr and Frey (1966) and Romero and Frey (1973).

Degrees of dominance h_1 and h_2 displayed for each character in F₁ and F₂, respectively, were calculated using the following formulae:

$$h_1 = \frac{\bar{X} - \bar{X}_{MP}}{D_1} \text{ and } h_2 = \frac{2(\bar{X}_{F2} - \bar{X}_{MP})}{D_2}$$

where D_1 and $D_2 = \bar{X}_{HP}$ and $\bar{X}_{MP}$ in the F₁ and F₂ experiments, respectively.

To determine whether h_1 and h_2 values were significantly different from zero, the F₁ and F₂ means were compared with the corresponding higher parent values via 't' test.

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained are presented in Table I and Table II.

It is evident from Table I that the values of characters such as the amount of food supplied, ingested and digested per larva, approximate ingestibility, growth rate and ECS to body matter and cocoon shell were higher in the Chinese race, Hessa 2, at both feeding amounts. However, higher values of consumption index, ECI and ECD to eggs were observed in the Japanese race.

The extraordinary values of approximate ingestibility obtained in both races were probably due to the comparatively low quantity of food supplied at moderate feeding and lower selectivity in relation to the mulberry leaves (Petkov, 1978).

There were some differences obtained in the approximate digestibility, depending on the feeding amount—at the moderate feeding amount the digestibility was higher in the Chinese race, but at the excess feeding amount the Japanese race displayed higher digestibility.

Generally, the food digestibility is a character depending to a great extent on the manner of feeding the larvae.

Murthy *et al.* (1987) reported that the food digestibility had been increased from 39.30% up to 45.17% when the larvae were fed on mulberry treated with thyroxine.

In the case of the food digestibility, significant differences were obtained by feeding different mulberry varieties (Periasami and Radhakrishnan, 1985), feeding with mulberry leaves varying in ploidy level (Sarkar, 1993) and feeding on different artificial diets (Kamioka *et al.*, 1971).

According to Prakash *et al.* (1987), in the Japanese race, the lower quantity of food intake is compensated by a higher digestibility.

Our results confirmed the previous report by Clausen *et al.* (1940) that there were different responses of different varieties on the environment.

It is also clear from the tables that there was a higher expression of heterosis mainly in the utilization efficiency of the food supplied, ingested and digested. The rate of heterosis was highly influenced by the feeding of both parents and their F₁ crosses at different feeding amounts. At the excess feeding amount, the expression of heterosis was markedly higher than at the moderate one. On the contrary, there was no heterosis expression obtained from HP in traits such as ECS, ECI and ECD to cocoon shell and eggs when both parents and F₁ crosses were fed at moderate feeding amount.

These results clearly bring out that the excess feeding amount enabled the hybrid larvae to manifest to a greater extent their productivity as regards the food utilization efficiency than the larvae of parental pure races.

The highest expression of heterosis obtained by both HP and MP methods was observed in the efficiency of conversion of food into eggs, whereas the expression of heterosis with respect to the efficiency of conversion of food to cocoon shell was lower.

There was no significant heterosis expression as regards the other characters studied.

It is clear from the two tables that the indices obtained by the MP method were more consistent or moderate than those obtained by the HP method.

From the values of the degrees of dominance h_1 and h_2 in F₁ and F₂, respectively, it is clear that a positive dominance for the higher parent (HP) was present in the F₁ crosses regarding the amount of food supplied and ingested per larva ($h_1 = 0.50-1.00$).

The data obtained in the present study did not manifest any heterosis expression as regards the amount of food ingested and digested by a single larva, whereas Sarkar (1993) from his study with two bivoltine breeds and their F₁ commercial crosses showed that the F₁ hybrids ingested from 11.42 to 25.89% more food than the corresponding higher parent.

An intermediate inheritance in the case of the amount of food digested per larva was detected in the cross Super 1 × Hessa 2 but a positive dominance for HP was observed in the reciprocal cross.

Our results indicated that a dominance for the lower parent (LP) as regards the ingestibility was present in the F₁ crosses.

A positive dominance for HP was detected regarding the growth rate, whereas Kuroda *et al.* (1980) reported that the growth rate in F₁ exceeded the growth rate in both parental breeds of the commercial race Kinshu × Showa.

Table I. Heterosis expression and degrees of dominance (h_1 and h_2) displayed for the amounts of food supplied, ingested and digested, approximate ingestibility and digestibility, growth rate and consumption index.

Tableau I. Expression de l'hétérosis et degrés de dominance (h_1 et h_2) obtenus pour les quantités de nourriture fournie, ingérée et digérée, l'ingestion et la digestion approximative, le taux de croissance et l'indice de consommation.

Traits	Mother	Feeding amount	P_1 $\bar{X}$	P_2 $\bar{X}$	F_1 $\bar{X}$	t	Heterosis indices obtained from		F_2 $\bar{X}$	t	h_1	h_2
							HP	MP				
Caractères	Mère	Quantité de nourriture	P_1 $\bar{X}$	P_2 $\bar{X}$	F_1 $\bar{X}$	t	Indices d'hétérosis obtenus à partir de		F_2 $\bar{X}$	t	h_1	h_2
							HP	MP				
Amount of leaves supplied per larva (g)	J	M	3.87	4.02	4.06	2.20*	1.20	2.71	4.18	6.68***	1.66	6.38
	J	E	5.27	5.57	5.57	-	0.00	2.77	5.78	8.55***	1.00	4.84
Quantité de feuilles fournies par larve (g)	C	M	4.06	3.87	4.06	2.20*	1.20	2.78	4.06	2.20*	1.66	3.32
	C	E	5.57	5.27	5.57	-	0.00	2.77	5.78	8.55***	1.00	4.84
Ingested food per larva (g)	J	M	2.90	3.23	3.14	3.45**	-2.70	2.28	3.17	2.26*	0.47	1.31
	J	E	3.31	3.68	3.67	0.31	-0.19	4.86	3.80	4.41***	0.96	3.26
Nourriture ingérée par larve (g)	C	M	3.23	2.90	3.22	0.42	-0.41	4.89	3.10	4.77***	0.94	0.49
	C	E	3.68	3.31	3.74	2.47*	1.58	6.86	3.73	1.94	1.31	2.49
Ingestibility (%)	J	M	74.97	80.37	77.28	2.24*	-3.80	-0.50	75.95	4.38***	-0.24	-1.27
Ingestion (%)	J	E	62.78	66.07	65.95	0.11	-0.18	2.36	65.66	0.42	0.93	1.50
	C	M	80.37	74.97	79.18	1.04	-1.48	1.94	76.37	3.48***	0.56	-0.96
	C	E	66.07	62.78	67.12	1.00	1.59	4.16	64.44	1.48	1.64	0.01
Digested food per larva (g)	J	M	0.95	1.13	1.02	12.93***	-9.89	-1.92	1.20	8.31***	-0.20	3.44
	J	E	1.34	1.39	1.35	4.44***	-2.88	-1.46	1.68	28.74***	-0.48	23.19
Nourriture digérée par larve (g)	C	M	1.13	0.95	1.15	2.56*	1.94	10.58	1.04	10.74***	1.23	0.11
	C	E	1.39	1.34	1.41	1.82	1.15	2.92	1.44	5.00***	1.59	5.63

Continued / Suite page suivante

Table I. Continued / *Tableau I. Suite.*

Traits	Mother	Feeding amount	$\frac{P_1}{\bar{X}}$	$\frac{P_2}{\bar{X}}$	$\frac{F_1}{\bar{X}}$	t	Heterosis indices obtained from		$\frac{F_2}{\bar{X}}$	t	h ₁	h ₂
							HP	MP				
Caractères	Mère	Quantité de nourriture	$\frac{P_1}{\bar{X}}$	$\frac{P_2}{\bar{X}}$	$\frac{F_1}{\bar{X}}$	t	Indices d'hétérosis obtenus à partir de		$\frac{F_2}{\bar{X}}$	t	h ₁	h ₂
							HP	MP				
Digestibility (%)	J	M	32.59	35.08	32.48	2.68*	-7.41	-4.02	37.81	2.73*	-1.10	6.40
Digestion (%)	J	E	40.43	37.81	36.79	3.87***	-9.00	-5.96	44.18	3.35**	-1.78	7.73
	C	M	35.08	32.59	35.87	0.90	2.25	6.00	33.64	1.48	1.64	-0.32
	C	E	37.81	40.43	37.65	2.75*	-6.88	-3.76	38.66	1.74	-1.12	-0.70
Growth rate (mg)	J	M	0.185	0.173	0.185	-	0.00	3.35	0.193	1.00	1.00	4.67
Taux de croissance (mg)	J	E	0.205	0.197	0.205	-	0.00	1.99	0.216	1.22	1.00	7.50
	C	M	0.173	0.185	0.186	0.13	0.54	3.91	0.179	0.67	1.17	0.00
	C	E	0.197	0.205	0.206	0.11	0.49	2.49	0.195	1.00	1.25	-3.00
Consumption index (mg)	J	M	0.723	0.711	1.57	-3.04***	-2.23	0.670	3.79***	-0.18	-1.07	
Indice de	J	E	0.826	0.796	0.766	6.67***	-7.26	-5.55	0.871	2.25**	-3.00	8.00
consommation (mg)	C	M	0.711	0.723	0.710	1.63	-1.80	-0.98	0.730	0.78	-0.08	0.30
	C	E	0.796	0.826	0.762	4.00***	-7.75	-6.04	0.795	2.38*	-3.27	-2.13

* P < 0.05; ** P < 0.01; *** P < 0.001.

J: Japanese race / *Race japonaise.*C: Chinese race / *Race chinoise.*M: Moderate feeding / *Nourrissage modéré.*E: Excess feeding / *Nourrissage excédentaire.*

Table II. Heterosis expression and degrees of dominance (h_1 and h_2) displayed for the efficiencies of conversion of food supplied, ingested and digested (ECS, ECI, ECD) into body substances, cocoon shell and eggs.

Tableau II. Expression de l'hétérosis et degrés de dominance (h_1 et h_2) obtenus pour les efficacités de conversion en substances corporelles, en coque soyeuse et en oeufs de la nourriture fournie (ECS), ingérée (ECI) et digérée (ECD).

Traits	Mother	Feeding amount	P_1 $\bar{X}$	P_2 $\bar{X}$	F_1 $\bar{X}$	t	Heterosis indices obtained from		F_2 $\bar{X}$	t	h_1	h_2
							HP	MP				
Caractères	Mère	Quantité de nourriture	P_1 $\bar{X}$	P_2 $\bar{X}$	F_1 $\bar{X}$	t	Indices d'hétérosis obtenus à partir de		F_2 $\bar{X}$	t	h_1	h_2
							HP	MP				
ECS to body matter (%)	J	M	19.16	19.53	20.45	2.88**	4.71	5.68	21.86	3.95***	6.11	27.89
ECS en matière	J	E	15.57	16.38	17.69	3.97***	8.00	10.70	16.26	0.38	4.28	1.40
orporelle (%)	C	M	19.53	19.16	20.77	3.18**	6.35	7.34	18.73	1.70	7.89	-6.89
	C	E	16.38	15.57	18.19	5.03***	11.05	13.83	15.85	1.06	5.52	-0.65
ECS to cocoon shell (%)	J	M	9.31	9.41	9.35	0.12	-0.64	-0.11	9.60	0.28	-0.20	9.60
ECS en coque	J	E	7.27	7.60	8.26	2.20*	8.68	11.02	7.14	0.70	5.13	-3.75
soyeuse (%)	C	M	9.41	9.31	9.59	0.56	1.91	2.46	9.18	0.31	4.60	-7.20
	C	E	7.60	7.27	7.85	0.83	3.29	5.51	7.59	0.01	2.56	1.88
ECS to eggs (%)	J	M	3.10	3.24	3.20	0.16	-1.23	0.95	3.02	0.73	0.43	-4.29
ECS en oeufs (%)	J	E	2.45	2.35	3.11	2.87***	26.94	29.58	2.70	0.89	14.20	12.00
	C	M	3.24	3.10	3.08	0.62	-4.94	-2.84	2.78	1.48	-1.29	-11.14
	C	E	2.35	2.45	3.02	2.28*	23.27	25.83	2.44	0.04	12.40	1.60
ECI to body matter (%)	J	M	25.55	24.30	26.46	2.33*	3.56	6.14	28.79	2.82**	2.47	12.45
ECI en matière	J	E	24.80	24.79	26.82	4.49***	8.15	8.20	24.76	0.04	203.00	-6.00
corporelle (%)	C	M	24.30	25.55	26.24	1.92*	2.70	5.25	24.52	0.92	2.11	-1.32
	C	E	24.79	24.80	27.11	3.92***	9.31	9.31	25.50	1.40	232.00	142.00

Continued / Suite page suivante

Table II. Continued / Tableau II. Suite

Traits	Mother	Feeding amount	$\frac{P_1}{\bar{X}}$	$\frac{P_2}{\bar{X}}$	$\frac{F_1}{\bar{X}}$	t	Heterosis indices obtained from		$\frac{F_2}{\bar{X}}$	t	h ₁	h ₂
							HP	MP				
Caractères	Mère	Quantité de nourriture	$\frac{P_1}{\bar{X}}$	$\frac{P_2}{\bar{X}}$	$\frac{F_1}{\bar{X}}$	t	Indices d'hétérosis obtenus à partir de		$\frac{F_2}{\bar{X}}$	t	h ₁	h ₂
							HP	MP				
ECI to cocoon shell (%)	J	M	12.41	11.71	12.10	0.61	-2.50	0.33	12.65	0.40	0.11	3.37
ECI en coque	J	E	11.58	12.53	2.88**	8.20	8.58	10.88	1.11	24.75	-33.00	
soyeuse (%)	C	M	11.71	12.41	12.12	0.53	-2.34	0.50	12.02	0.68	0.17	-0.23
	C	E	11.50	11.58	11.69	0.34	0.95	1.30	11.70	0.21	3.75	8.00
ECI to eggs (%)	J	M	4.14	4.03	4.14	-	0.00	1.22	3.97	0.71	1.00	-4.80
ECI en oeufs (%)	J	E	3.90	3.56	4.71	4.76***	20.77	26.27	4.11	0.81	5.76	4.47
	C	M	4.03	4.14	3.89	1.14**	-6.04	-4.89	3.64	2.08	-4.00	-18.00
	C	E	3.56	3.90	4.50	3.00**	15.38	20.64	4.11	0.88	4.53	4.47
ECD to body matter (%)	J	M	78.41	69.26	81.47	3.15**	3.90	10.33	76.15	2.13*	1.67	1.01
ECD en matière	J	E	61.33	65.56	72.91	7.42***	11.21	14.91	56.05	8.20***	4.48	-7.01
corporelle (%)	C	M	69.26	78.41	73.14	5.02***	-6.72	-0.95	72.89	4.60***	-0.15	-0.42
	C	E	65.56	61.33	72.00	5.85***	9.82	13.48	63.60	1.78	4.05	0.14
ECD to cocoon shell (%)	J	M	38.10	33.39	37.25	2.24*	-2.23	4.20	33.44	8.18***	0.64	-1.97
ECD en coque	J	E	28.65	30.41	34.05	6.17***	11.97	15.31	24.63	8.50***	5.14	-11.14
soyeuse (%)	C	M	33.39	38.10	33.80	5.81***	-11.29	5.45	35.73	3.20**	-0.83	-0.02
	C	E	30.41	28.65	31.05	1.67	2.14	5.18	30.40	0.03	1.74	1.98
ECD to eggs (%)	J	M	12.70	11.48	12.75	0.18***	0.39	5.46	13.09	1.50	1.08	3.28
ECD en oeufs (%)	J	E	9.65	9.42	12.81	9.58***	32.75	34.28	9.30	1.09***	29.73	-4.36
	C	M	11.48	12.70	13.00	1.00	2.36	7.53	10.82	5.37***	1.49	-4.16
	C	E	9.42	9.65	11.94	6.94***	23.73	25.16	9.70	0.16	21.82	2.91

* P < 0.05; ** P < 0.1; *** P < 0.001. J: Japanese race / Race japonaise. C: Chinese race / Race chinoise. M: Moderate feeding / Nourrissage modéré. E: Excess feeding / Nourrissage excédentaire.

In contrast to the growth rate, dominance ($h_1 = 0.00-0.50$) and overdominance ($h_1 = 1.00$) for LP with regard to the consumption index was present in the F_1 crosses.

Both F_1 crosses showed partial and overdominance for HP as regards the traits characterizing the efficiency of utilization of supplied, ingested and digested food.

It was detected that in most cases of overdominance for the higher parent, the h_2 values were lower than the corresponding h_1 values, which was probably due to confounding effects of epistatic gene action (Romero and Frey, 1973).

Overdominance for HP and h_2 values, lower than the corresponding h_1 values, were also observed in all the cases of higher heterosis expression, therefore it may be concluded that the expression of heterosis regarding the food utilization was probably due to the overdominance and to the epistatic gene action partly.

These results confirmed the hypothesis observing the overdominance and dominance as causes of the heterosis phenomenon, but other research works (Strunnikov, 1992) reported that the expression of heterosis was determined mainly by the proportion of favourable and harmful genes in the genome.

Several characters, such as the quantity of food ingested and digested and digestibility manifested higher values in the F_2 generation than in the corresponding F_1 .

According to Ayala and Kiger (1984), a 'polygenic inheritance' is involved in the quantitative traits and the action of a number of genes determines the phenotypic expression of each character.

The so-called 'positive transgression phenomenon' (Vasileva and Yablansky, 1987), where the value of a character in a part of the F_2 generation is higher than the highest corresponding F_1 and parent values, is also caused by polygenic interactions.

Opposed to heterosis, the transgression phenomenon is highly expressed in homozygotes, hence the breeding for higher ingestion and digestion of food could be effective by picking out F_2 generation larvae that showed the transgression phenomenon.

Due to the fact that selection of a single larva for higher ingestion and digestion would be hardly possible, some mutual relationships among the amount of food ingested and digested, digestibility and several quantitative characters, such as body weight gain, may be used for this purpose (Yamamoto and Gamo, 1976; Fengling, 1988; Li, 1992).

In conclusion, considering the above it was clear that there was a higher heterosis expression only in the traits characterizing the food utilization efficiency (ECS, ECI and ECD) whereas the heterosis expression detected as regards the other characters studied was very low.

The rate of heterosis was highly influenced by the manner of feeding of parents and their F_1 crosses and the expression of heterosis was markedly higher at the excess feeding amount.

Partial and positive dominance for HP were present in the F_1 crosses as regards the amount of food supplied and ingested and ingestibility, whereas an intermediate inheritance and negative dominance for the lower parent were observed regarding the amount of digested food and digestibility.

Overdominance for the higher parent was present in the F_1 crosses with respect to the efficiencies of conversion of the food supplied, ingested and digested into body substances, cocoon shell and eggs.

REFERENCES

- ASHOKA J., GOVINDAN R. (1990) Genetic estimates for quantitative traits in bivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. Mysore J. Agricult. Sci., 24(3), 371-374.
- CLAUSEN J.D., KECK D., HIESEY W.M. (1940) Experimental studies of the nature of species. I. Effect varied environments on western North American plants. Carnegie Institution of Washington Publ. Washington, D.C., pp. 1-452.
- FENGLING F. (1988) Relative importance of some genetic factors to silk conversion efficiency in *Bombyx mori*. Shanxi Sericulture, 9(1), 10-12.
- GOVINDAN R., MAGADUM S., ASHOKA J. (1990) Variability in larval silk glands, cocoon and shell weight in some bivoltine single and double cross hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L. Mysore J. Agricult. Sci., 24(2), 222-224.
- GRECOV D., PETKOV N. (1989) Breeding-genetic evaluation of some white cocoon races of the silkworm (*Bombyx mori* L.). II. Manifestation of heterosis and inheritance of quantitative traits. Animal Sci., 26(6), 103-107.

- HORIE Y., WATANABE K. (1983) Daily utilization and consumption of dry matter in food by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Ent. Zool., 18(1), 70-80.
- KRISHNA B., GOVINDAN R., GOVDA M. (1990) Multiple regression analysis for some quantitative traits in Nichi and NB₁₈ breeds of silkworm, *Bombyx mori* L., and selected populations of their crosses. Mysore J. Agricult. Sci., 24(1), 83-85.
- KURODA S., SUMIOKA H., YOSHITAKE N. (1980) Statistical analysis of growth curve of the silkworm, *Bombyx mori*, under restricted feeding by the index. J. Sericult. Sci. Japan, 50(3), 175-179.
- LI W. (1992) Genetic path network among quantitative characters in *Bombyx mori* L. Sericologia, 32(4), 543-548.
- MURTHY NARASIMHA C., HARKADLI B., THYGARAJA B. (1987) Effect of thyroxine on the growth and development of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Sericult. Sci. Japan, 56(4), 351-352.
- PERIASAMY K., RADHAKRISHNAN R. (1985) Quantitative study of food utilization and silk in *Bombyx mori* L. for evaluation of superior varieties. Sericologia, 25(4), 491-500.
- PETKOV M. (1978) Investigations on the utilization of mulberry leaves from some varieties at different silkworm feeding norms and seasons. I. Degree of eating and assimilation of the mulberry leaf. Animal Sci., 25(7), 111-118.
- PETKOV N., NACHEVA Y., AKIMENKO L., BRASLAVSKY M., STOSKIY M., SHCHUKIN A. (1987) Heterosis manifestations and inheritance of quantitative characteristics in hybrids of the silkworm (*Bombyx mori* L.). Genetics and breeding, 20(2), 161-170.
- PETR F.C., FREY K.J. (1966) Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. Crop Sci., 6, 259-262.
- PRAKASH R., NAIK M., DELVI M. (1987) Food utilization in different races of silkworm, *Bombyx mori* L. Sericologia, 27(3), 391-397.
- ROMERO G.E., FREY K.J. (1973) Inheritance of semidwarfness in several wheat crosses. Crop Sci., 13, 334-337.
- SARKAR A. (1993) Effects of different races of silkworm (*Bombyx mori* L.) with mulberry (*Morus indica* L.) leaves varying in ploidy level. Sericologia 33(1), 25-34.
- STRUNNIKOV V.A. (1992) The origin of heterosis phenomenon and breeding for combining ability in the silkworm, *Bombyx mori* L. In: International symposium "Topical problems of world sericulture". Harkov, 80-81.
- YAMAMOTO T., GAMO T. (1976) Studies on the breeding in relation to improvement of food utilization in the silkworm, *Bombyx mori*. I. Mutual relations among the amount of food ingested, the amount of food digested, digestibility and several quantitative characters in the silkworm reared on an artificial diet. J. Sericult. Sci. Japan, 41(1), 81-86.
- WALDBAUER G.P. (1968) Consumption and utilization of food by insects. In "Advances in insect physiology. Eds. J.W.L. Beamen, J.W. Treherne and V.B. Wigglesworth. Academic Press, New York.
- ZAHARIEVA K., PETKOV N. (1988) Studies of hybrid crosses between mono- and bivoltine breeds of silkworm (*Bombyx mori* L.) and their viability and productivity in F₁. Genetics and Breeding, 21(2), 141-150.

ETUDES SUR L'EXPRESSION DE L'HETEROSIS ET LES DEGRES DE DOMINANCE POUR CERTAINS PARAMETRES QUANTITATIFS CARACTERISANT L'UTILISATION DE NOURRITURE CHEZ DES CROISEMENTS F₁ ENTRE DES RACES BIVOLTINES JAPONAISE ET CHINOISE DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L.

P. TZENOV, N. PETKOV & Y. NATCHEVA

Sericultural Experiment Station, 24 Mito Orozov Street, Vratza 3000, Bulgarie.

La race japonaise Super 1, la race chinoise Hessa 2 et leurs croisements F₁ et F₂ ont été utilisées pour cette étude. On observe une expression de l'hétérosis comparativement plus élevée pour les efficacités de conversion en matière corporelle, en coque soyeuse et en oeufs des feuilles de mûrier fournies, ingérées et digérées. Cependant, une hétérosis très faible a été relevée pour ce qui concerne la quantité de nourriture ingérée, de nourriture digérée, l'ingestion et la digestibilité approximatives, l'indice de consommation et le taux de croissance. L'expression de l'hétérosis est nettement supérieure lorsque les deux parents et leurs croisements F₁ sont soumis à un taux de nourrissage excédentaire. La dominance positive du meilleur parent (HP) est présente chez les croisements F₁ pour ce qui concerne les quantités de nourriture fournie et ingérée par larve et l'ingestion. On observe une héritabilité moyenne et une dominance négative pour le parent faible (LP) pour ce qui concerne la quantité de nourriture digérée et la digestibilité. Les croisements F₁ présentent une surdominance du HP pour ce qui concerne les efficacités de conversion de la nourriture ingérée en substances corporelles, en coque soyeuse et en oeufs.

INTRODUCTION

La sériciculture est l'une des activités agricoles utilisant couramment l'hybridation et l'hétérosis. La méthode d'hybridation traditionnelle chez le ver à soie *Bombyx mori* L. consiste à croiser des races pures japonaises avec des races pures chinoises, celles-ci présentant de nombreuses différences dans leurs caractères quantitatifs et qualitatifs.

Il est donc indispensable de déterminer le mode de transmission des caractères quantitatifs les plus importants chez les croisements F₁.

Les travaux concernant la transmission des caractères quantitatifs chez le ver à soie *Bombyx mori* L. portent principalement sur les caractères tels que le taux de survie des larves, le poids du cocon et de la coque, la richesse soyeuse, la longueur de la bave, le pourcentage de soie grège (Petkov et coll., 1987 ; Zaharieva et Petkov, 1988 ; Grecov et Petkov, 1989 ; Govindan et coll., 1990 ; Krishna et coll., 1990 ; Ashoka et Govindan, 1990) mais on s'est peu intéressé à la transmission des paramètres caractérisant l'utilisation de la nourriture.

Cette étude a donc été réalisée afin d'analyser en détail l'expression de l'hétérosis et les degrés de dominance présentés pour certains paramètres quantitatifs caractérisant l'utilisation de la nourriture chez des croisements commerciaux F₁ entre des races traditionnelles japonaise et chinoise du ver à soie *Bombyx mori* L.

MATERIELS ET METHODES

Les expériences ont été effectuées au printemps au cours de trois années favorables : 1991, 1992 et 1993.

On a choisi les races Super 1 et Hessa 2, ainsi que leurs croisements F₁ et F₂. Super 1 est une race bivoltine japonaise dont les larves présentent des marquages et donnent des cocons blancs fuselés. Hessa 2 est une race bivoltine chinoise typique dont les larves sont unies et donnent des cocons blancs de forme sphérique. Ces deux races sont également utilisées comme parents de l'hybride Super 1 × Hessa 2 et de son réciproque qui sont couramment exploités à l'échelle commerciale.

Afin d'assurer des conditions de nourrissage identiques pour les parents et les générations F₁ et F₂, les oeufs des races parentales et des croisements F₁ et F₂ ont été préparés ensemble chaque année et les larves ont été élevées en même temps.

Afin de déterminer l'influence de l'environnement sur l'expression de l'hétérosis et le degré de dominance, les larves de chaque génération ont été soumises à deux formes de nourrissage : le nourrissage modéré (groupe 1) et le nourrissage excédentaire (groupe 2).

Dans cette expérience, on a utilisé des larves du 5^e âge réparties en 12 réplicats de 50 larves pour chaque génération et chaque groupe. Les larves mortes ont été remplacées par des larves saines élevées de la même manière.

Les feuilles de mûrier des plants de la variété £106 ont été récoltées au même âge et au même endroit de la branche entre la feuille inférieure et la feuille médiane.

Les larves ont été élevées dans des claies à 23 ± 1 °C et 70 ± 5 % d'humidité relative. Pour le calcul de l'ingestion et de la digestion de la nourriture et les indices de nourrissage, on a utilisé la méthode gravimétrique standard décrite par Waldbauer (1968) et Horie et Watanabe (1983).

Les paramètres quantitatifs caractérisant l'utilisation de la nourriture considérés ici sont les suivants :

- quantité de feuilles de mûrier fournies par larve (g de poids sec),
- nourriture ingérée par larve (g de poids sec),
- ingestion approximative (%),
- nourriture digérée par larve (g de poids sec),
- digestibilité approximative (%),
- taux de croissance (mg),
- indice de consommation (mg),
- efficacité de conversation (%) de la nourriture fournie (ECS), ingérée (ECI) et digérée (ECD) en matière corporelle, en coque soyeuse et en oeufs.

Lors de la préparation de l'analyse d'héritabilité, on a enregistré les moyennes des caractères pour les parents donnant une valeur supérieure ($\bar{X}_{HP}$), les parents donnant une valeur inférieure ($\bar{X}_{LP}$), les F₁ ($\bar{X}_{F1}$), les F₂ et pour les parents moyens ($\bar{X}_{MP}$).

L'expression de l'hétérosis a été calculée d'après les formules suivantes :

$$\frac{\bar{X} - \bar{X}_{HP}}{\bar{X}_{HP}} \text{ et } \frac{\bar{X}_{F1} - \bar{X}_{MP}}{\bar{X}_{MP}} \text{ en pourcentage}$$

L'héritabilité des caractères a été déterminée d'après la méthode du rapport de puissance décrite par Petr et Frey (1966) et Romero et Frey (1973).

Les degrés de dominance h_1 et h_2 obtenus pour chaque caractère chez F₁ et F₂ respectivement ont été calculés d'après les formules suivantes :

$$h_1 = \frac{\bar{X} - \bar{X}_{MP}}{D_1} \text{ et } h_2 = \frac{2(\bar{X}_{F2} - \bar{X}_{MP})}{D_2}$$

où D_1 et $D_2 = \bar{X}_{HP} - \bar{X}_{LP}$ chez les lots F₁ et F₂ respectivement.

Afin de déterminer si les valeurs h_1 et h_2 sont significativement différentes de zéro, les moyennes F_1 et F_2 sont comparées avec les valeurs correspondantes des meilleurs parents par le test "t".

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux I et II.

A la lecture du tableau I, il est évident que les valeurs obtenues pour la quantité de nourriture fournie, ingérée et digérée par larve, l'ingestion approximative, le taux de croissance et l'ECS en matière corporelle et en coque soyeuse sont supérieures chez la race chinoise Hessa 2 quel que soit le taux de nourrissage. Cependant, les valeurs obtenues pour l'indice de consommation, l'ECI et l'ECD en oeufs sont plus élevées chez la race japonaise.

L'obtention de valeurs anormales pour l'ingestion approximative chez les deux races est probablement due à la quantité de nourriture comparativement faible fournie aux lots soumis au taux de nourrissage modéré et à une sélectivité plus faible des feuilles de mûrier (Petkov, 1978).

La digestibilité approximative diffère suivant le taux de nourrissage : pour le taux de nourrissage modéré, la digestibilité est plus élevée chez la race chinoise, tandis que, pour le taux de nourrissage élevé, elle est plus élevée chez la race japonaise.

Généralement, la digestibilité de la nourriture dépend fortement du mode de nourrissage des larves.

Murthy et coll. (1987) ont observé que la digestibilité de la nourriture augmente de 39,30 % à 45,17 % lorsque les larves sont nourries avec des feuilles traitées à la thyroxine.

La digestibilité varie de manière significative en fonction des variétés (Periasami et Radhakrishnan, 1985), du niveau de ploïdie des feuilles de mûrier (Sarkar, 1993) et des aliments artificiels (Kamioka et coll., 1971).

D'après Prakash et coll. (1987), la faible quantité de nourriture ingérée chez la race japonaise est compensée par une plus grande digestibilité.

Nos résultats corroborent ceux de Clausen et coll. (1940) qui ont observé des différences de réactions en fonction des variétés et de l'environnement.

Les tableaux montrent également clairement que l'expression de l'hétérosis est plus élevée principalement pour l'efficacité d'utilisation de la nourriture fournie, ingérée et digérée. Le taux d'hétérosis est fortement influencé par le mode de nourrissage des deux parents et de leurs croisements F_1 . L'expression de l'hétérosis est nettement plus forte chez les lots soumis au taux de nourrissage excédentaire que chez ceux soumis au taux de nourrissage modéré. A l'inverse, on n'observe aucune expression hétérotique chez HP pour les caractères tels que l'ECS, l'ECI et l'ECD en coque soyeuse et en oeufs lorsque les deux parents et les croisements F_1 sont soumis au taux de nourrissage modéré.

Ces résultats démontrent que le nourrissage excédentaire entraîne une augmentation de la productivité chez les larves hybrides pour ce qui concerne l'efficacité d'utilisation de la nourriture par rapport aux larves des races pures parentales.

On obtient l'expression hétérotique la plus élevée quelle que soit la méthode utilisée (HP ou MP) pour l'efficacité de conversion de la nourriture en oeufs, tandis que l'expression hétérotique pour ce qui concerne l'efficacité de conversion de la nourriture en coque soyeuse est plus faible.

On n'observe aucune expression hétérotique significative pour les autres caractères étudiés.

A la lecture des deux tableaux, il est clair que les indices obtenus par la méthode MP sont plus cohérents ou modérés que ceux obtenus par la méthode HP.

Les valeurs des degrés de dominance h_1 et h_2 chez F_1 et F_2 respectivement montrent clairement la présence d'une dominance positive pour le meilleur parent (HP) chez les croisements F_1 pour ce qui concerne la quantité de nourriture ingérée et digérée par larve ($h_1 = 0,50$ à $1,00$).

Les données obtenues ici indiquent qu'il n'y a pas d'expression hétérotique pour ce qui concerne la quantité de nourriture ingérée et digérée par une seule larve, alors que Sarkar (1993), dans une étude utilisant deux races bivoltines et leurs croisements commerciaux F_1 , a démontré que l'ingestion de nourriture chez les hybrides F_1 était de 11,42 à 25,89 % supérieure à celle des parents.

On observe une héritabilité intermédiaire pour ce qui concerne la quantité de nourriture digérée par larve chez le croisement Super 1 $\times$ Hessa 2, tandis que le croisement réciproque donne une dominance positive pour HP.

Nos résultats montrent la présence d'une dominance du parent moyen (LP) chez les croisements F₁ pour ce qui concerne l'ingestion.

Dans cette étude, nous avons détecté une dominance positive pour HP pour ce qui concerne le taux de croissance, tandis que Kuroda et coll. (1980) ont observé que le taux de croissance des F₁ dépassait celui des deux races parentales de l'hybride commercial Kinshu $\times$ Showa.

Contrairement à la croissance, l'indice de consommation présente une dominance ($h_1 = 0,00$ à $0,50$) et une surdominance ($h_1 = 1,00$) pour LP chez les croisements F₁.

Les deux croisements F₁ donnent une dominance partielle et une surdominance pour HP pour ce qui concerne les paramètres caractérisant l'efficacité d'utilisation de la nourriture fournie, ingérée et digérée.

Dans la plupart des cas de surdominance par rapport au meilleur parent, les valeurs h_2 sont plus faibles que les valeurs h_1 correspondantes ; ceci est probablement dû aux effets confondus de l'action de gènes épistatiques (Romero et Frey, 1973).

On observe également une surdominance pour HP et les valeurs h_2 , qui sont plus faibles que les valeurs h_1 correspondantes, chaque fois que l'expression hétérotique est élevée. On peut donc en conclure que l'expression de l'hétérosis pour ce qui concerne l'utilisation de la nourriture est probablement due en partie à la surdominance et en partie à l'action de gènes épistatiques.

Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle la surdominance et la dominance sont la cause du phénomène de l'hétérosis ; cependant, d'autres travaux de recherche (Strunnikov, 1992) ont montré que l'expression de l'hétérosis était déterminée principalement par la proportion de gènes favorables et non favorables dans le génome.

Plusieurs caractères comme la quantité de nourriture ingérée et digérée et la digestibilité donnent des valeurs plus élevées à la génération F₂ qu'à la génération F₁.

D'après Ayala et Kiger (1984), une "transmission polygénique" est impliquée dans les caractères quantitatifs et l'action d'un certain nombre de gènes détermine l'expression phénotypique de chaque caractère.

Le phénomène appelé "transgression positive" (Vasileva et Yablansky, 1987), par lequel la valeur d'un caractère chez une partie de la génération F₂ est plus élevée que la valeur maximale correspondante chez F₁ et chez les parents, est dû à l'interaction de plusieurs gènes.

Contrairement à l'hétérosis, le phénomène de la transgression s'exprime fortement chez les homozygotes, la sélection pour l'amélioration de l'ingestion et de la digestion de la nourriture serait possible en choisissant des larves F₂ présentant le phénomène de transgression.

Etant donné qu'il est impossible de procéder à une sélection pour l'amélioration de l'ingestion et de la digestion à partir d'une seule larve, il est nécessaire de faire appel à l'utilisation de certaines relations réciproques entre la quantité de nourriture ingérée et digérée, la digestibilité et plusieurs caractères quantitatifs comme le gain de poids (Yamamoto et Gamo, 1976 ; Fengling, 1988 ; Li, 1992).

En conclusion, il est clair que l'expression de l'hétérosis est plus forte uniquement pour les paramètres caractérisant l'efficacité d'utilisation de la nourriture (ECS, ECI et ECD) et non pour les autres paramètres.

Le taux d'hétérosis est fortement influencé par le mode de nourrissage des parents et des croisements F₁ et l'expression de l'hétérosis est nettement plus élevée chez les lots soumis à un taux de nourrissage excédentaire.

Les croisements F₁ présentent une dominance partielle ou positive pour HP pour ce qui concerne la quantité de nourriture fournie et ingérée et l'ingestion, tandis que le parent moyen présente une héritabilité moyenne et une dominance négative pour la quantité de nourriture digérée et la digestibilité.

On observe une surdominance des meilleurs parents chez les croisements F₁ pour ce qui concerne les efficacités de conversion de la nourriture fournie, ingérée et digérée en matières corporelles, en coque soyeuse et en oeufs.

REARING OF BULGARIAN BREEDS AND HYBRIDS OF THE SILKWORM (*BOMBYX MORI* L.) ON ARTIFICIAL DIET DURING THE FIRST INSTAR

E. GENOVA

University of Zootechnics and Veterinary Medicine, Stara Zagora 6000, Bulgaria.

Experiments were carried out in 1990 during spring and autumn feeding of the silkworm, using Bulgarian breeds Super 1 and Hesa 2, and their hybrids, as well as Japanese breeds Shunrei × Shogezu and Kinshu × Showa. The first instar of the control group was fed on mulberry leaves and the experimental ones fed on artificial diets containing 20, 25, 30, 40, 50 to 60% mulberry leaf powder.

With 20, 25 and 30% mulberry leaf powder content silkworms did not accept the diet readily and showed a high death rate. The mixture composed of 60% mulberry leaf powder moulded and was discarded. High mulberry leaf powder content resulted in a high pH value and hence the diet was found ineffective. Results with diets of 40 and 50% mulberry leaf powder content were worse in the experimental group in comparison to the control group during spring feeding of silkworms and better during autumn feeding.

Our mixtures were better than the low-quality autumn mulberry leaves. Unfortunately, they still had some disadvantages, which made them far from comparable to the high-quality spring mulberry leaves.

Results differed with breeds and hybrids. The Japanese hybrids developed best, followed by the Bulgarian hybrids and breeds.

Keywords: *Bombyx mori* L., artificial diet, mulberry leaf powder.

INTRODUCTION

Application of artificial diets for insect rearing is a phenomenon of this century, which developed after the 1950's in order to meet the demands for large quantities of insects used in fundamental research (Singh, 1972, 1974, 1976 and 1977)

There is a large volume of literature, mostly from Japan (Fukuda *et al.*, 1960; Ito, 1961, 1962, 1969; Ito and Arai, 1965, 1966; Horie *et al.*, 1970; Nihmura, 1972; Ito *et al.*, 1974, 1975), on the development and formulation of artificial diets for the silkworm. Ito (1961, 1962, 1969) and colleagues (1974, 1975) have published numerous papers on the subject. Their preliminary work started in the 1950's, and the first basal artificial diet was published in 1961. Since then many modifications of this preliminary formulation have been published attempting to produce more refined techniques for silkworm rearing.

Numerous trials on different combinations with various chemical components have made possible the definition of the nutritive substances and their quantities which are essential for the normal growth of silkworms fed on artificial diets (Bogdanow, 1908; Hoskins and Craig, 1935; Trager, 1953;

Fracnkel, 1969; House, 1963; Waldbauer, 1968; Tsiropoulos, 1980; Moore, 1980; Horie, 1981; Kerkut and Gilbert, 1985).

During these studies, it was found to be necessary to keep some basic rules: the diet must answer all nutritional needs, have specific physical qualities and be free of bacteriological contamination.

In Bulgaria experiments for feeding silkworms on artificial diets were carried out but only sporadically (Kanarev and Peeva, 1981; Karaivanov *et al.*, 1987; Petkov *et al.*, 1989) and with artificial feeds made in Japan. No formulation of diets suitable for the local breeds and hybrids and no production technology are available.

The objectives of the laboratory experiments described here were to elucidate some of the problems connected with feeding artificial diet to silkworms and to work out the preliminary conditions for beginning to feed artificial diets to silkworms in Bulgaria.

MATERIALS AND METHODS

1. Composition and preparation of artificial feeds for silkworms:

Artificial feeds of different mulberry leaf powder contents (20, 25, 30, 40, 50 and 60%) were produced. According to the conventional published formulations, an artificial diet may be composed from the following components: oil-free soybean powder (extracted by diethyl ether), which varies from 3 to 32 % so that mixtures with the lowest mulberry leaf powder content have the highest soybean powder content. These components must supply the desired crude protein; microcrystal cellulose (up to 16% also depending on mulberry leaf powder); chemically pure saccharose (8-30%); starch (1.4-5%); soybean oil, whose content varies insignificantly (1-1.5%), citric acid (3.5-4%), and ascorbic acid (1.5-2%). Diets also contain a mixture of inorganic salts (Wesson's salt mixture; composition published in General Biochemicals, Inc., Ohio, USA); in all cases 7.5% agar (microbiological grade), sorbic acid (1-3%), vitamin B mixture, amino acid mixture, and an antibacterial agent (streptomycin).

The above ingredients were added in quantities related to the mulberry leaf powder content to adjust the nutritional balance of the diet. 4.5 ml of distilled water were added to each gram of dry feed.

After mixing the dry and liquid components (water-soluble vitamins plus antibiotic) and the oil soluble mixture (soybean oil), sterilisation was carried out for 20-30 min. at 100 °C. Sterilisation was followed by homogenisation. The mixture was poured into Petri dishes and stored at 5 °C for several days before use.

2. Silkworm breeds and hybrids: feeding and rearing.

Bulgarian breeds and hybrids of Japanese and Chinese origin were obtained from the Experimental Silkworm Station, Vratza (Super 1, Hesa 2, Super 1 × Hesa 2 and Hesa 2 × Super 1) (Petkov *et al.*, 1989). Bulgarian breeds and hybrids are not selected for artificial diet. Japanese hybrids Shunrei × Shogezu for spring feeding and Kinshu × Showa for autumn rearing were also included in the experiments.

With each breed or hybrid 3 sets of 100 silkworms each, including a control set, were fed on mulberry leaves. First instar larvae were fed on artificial diets and reared in incubators in the dark at 28-30 °C and 85% relative humidity. The rearing of the control followed the microclimatic requirements when silkworms are fed on mulberry leaves.

We studied some biological characteristics in development, including survival in different instars and period of larval development in hours. Quantitative (production) indices of the cocoons were also recorded: dimensions of dry cocoons, cocoon weight, reelability, length, silk coverage, yield and thickness of the silk thread and uncoilability.

The results were enumerated by various statistical methods (Snedecor, 1961).

RESULTS AND DISCUSSION

When formulating artificial diets we took account of the fact that silkworms require the nutritional substances of mulberry leaves. On the other hand, in Bulgaria, there are no breeds or hybrids

selected for artificial feeding. Our experimental diets had to contain significant quantities of mulberry leaf powder as a source of protein, vitamins and inorganic substances. The incorporation of mulberry leaf was considered by us as an essential condition for first instar growth. The physical qualities of feed were improved as well as its utilisation.

Our series of artificial diets contained 20, 25, 30, 40, 50 and 60% mulberry leaf powder. Only first instar larvae were fed on this diet.

First instar larvae reared on artificial mixtures containing 20, 25 or 30% mulberry leaf powder showed very low survival rates. The diet with 60 % mulberry leaf powder was not suitable because of the rapid mould formation. The moulding is a result of the high pH that developed at higher mulberry leaf powder content. Sorbic acid in conventional amounts was not an efficient fungicide agent.

Comparatively better results were obtained with 40 and 50% mulberry leaf powder. Our next experiments were carried out with the last two variants.

Table I. Survival rate of silkworm larvae (%)⁽¹⁾.

Tableau I. Taux de survie des larves de ver à soie (%)⁽¹⁾.

Breeds and hybrids	Control		Diet with 40% mlp		Diet with 50% mlp	
	A	B	A	B	A	B
<i>Races et hybrides</i>	<i>Témoin</i>		<i>40 % de mlp</i>		<i>50 % de mlp</i>	
	A	B	A	B	A	B
Spring 1990 / Printemps 1990						
Super 1	91.2	78.3	78.3	63.3	82.2	60.6
Hesa 2	97.2	87.3	94.5	76.7	84.5**	67.8*
Super 1 × Hesa 2	98.3	94.5	89.5	77.8	90.5	81.2
Hesa 2 × Super 1	93.8	85.5	95.0	85.5	93.8	75.5
Shunrei × Shogezu	99.0	94.0	65.3**	42.0	98.3	92.0
Autumn 1990 / Automne 1990						
Super 1	97.0	78.3	97.0	87.7	91.7	82.0
Hesa 2	97.0	75.3	76.0	62.7	94.0	70.0
Super 1 × Hesa 2	97.6	88.5	92.5*	88.9	95.7	88.5
Hesa 2 × Super 1	93.2	86.4	79.9*	68.7	91.0	85.0
Kinshu × Showa	90.0	81.7	86.5	79.7	88.0	80.4

(1) Significant differences between control and experimental groups according to the recorded average values:
(1) Différences significatives entre les groupes témoins et expérimentaux d'après les valeurs moyennes enregistrées :

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

A: First instar / Premier âge. B: Complete larval cycle / Totalité du cycle larvaire.

mlp: Mulberry leaf powder / Feuilles de mûrier en poudre.

With first instar larvae of the groups fed on these artificial diets we observed a tendency for better survival with the hybrids compared to pure breeds. This tendency was constant during the whole

period of larval development (Table I). As far as the total period of silkworm development is concerned, no significant variations in the experimental and control groups were observed (Table II).

Table II. Period of larval development from first instar to mature larvae (hr).

Tableau II. Durée du développement larvaire (en heures) du premier âge à la maturité.

Breeds and hybrids	Control		Diet with 40% mlp		Diet with 50% mlp	
	S	An	S	An	S	An
Races et hybrides	Témoin		40 % de mlp		50 % de mlp	
	S	An	S	An	S	An
Super 1	788	750	788	702	778	701
Hesa 2	775	727	772	743	790	774
Super 1 × Hesa 2	751	705	736	725	766	725
Hesa 2 × Supcr 1	761	698	786	700	774	733
Shunrei × Shogezu	784	-	757	-	684	-
Kinshu × Showa	-	764	-	740	-	744

mlp: Mulberry leaf powder / Feuilles de mûrier en poudre. S: Spring / Printemps. An: Autumn / Automne.

At the same time, obviously different reactions of each breed or hybrid to the different diets were observed. This meant that artificial feeding of silkworms must consider the specific breed- or hybrid-related requirements, that is, adaptability to the feed.

Artificial diets still have some disadvantages that must be found and eliminated in the future. For example, an explanation must be found for the fact that the spring silkworm feeding, with high-quality mulberry leaves added to artificial diets, led to poor results, while autumn feeding of silkworms on artificial diets gave better results.

We observed no simple differences of a definite significance in the technological indices (Tables III and IV) upon feeding only the first instars on artificial diets compared to feeding on mulberry leaves during the whole silkworm life cycle. These data suggest that the type of feeding during the first larval phase has an insignificant effect on the function of the silk gland. Rather, the effects of artificial feeding of the first instar should be determined on the basis of biological indices such as viability and periods of feeding and moulting. When artificial diets did not disturb the normal growth and viability, high-quality cocoons were collected.

Evaluation on the basis of the whole complex of biological and technological indices showed that results with the hybrids were better than with the pure breeds.

The Japanese hybrid Shunrei × Shogezu gave better results with the artificial diet than with mulberry leaves. This hybrid was characterised by vigorous development of the first instar, and its feeding on complete diets like the artificial ones used here, made possible the realisation of all the biological advantages of this hybrid. It was also less selective towards the taste of the artificial feed, and thus made a better use of it than the other breeds and hybrids.

Table III. Characteristics of cocoons of the two sexes during spring silkworm feeding, 1990.

Tableau III. Caractéristiques des cocons des deux sexes au cours de l'élevage de printemps 1990.

Indices	C		40% mlp		50% mlp	
	F	M	F	M	F	M
Super 1						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.98	0.84	0.95	0.81	0.80*	0.71***
Filament length / Longueur de la bave (m)	1161	1203	1267	1249*	1079	1161
Silk coverage / Obtention de soie (%)	47.9	51.8	47.1	52.1	46.1*	53.5
Yield / Rendement (%)	42.5	45.6	41.8	46.0	41.0	46.5
Uncoilability / Dévidabilité (%)	88.6	88.1	89.1	87.9	88.7***	86.8
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	2811	31.58	3218**	3398*	3378***	3489*
Hesa 2						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.91	0.81	0.88	0.76**	0.87	0.74***
Filament length / Longueur de la bave (m)	1269	1257	1188*	1192	1171*	1165
Silk coverage / Obtention de soie (%)	49.8	54.1	47.0**	51.6*	46.8*	52.3
Yield / Rendement (%)	42.1	44.1	39.8*	42.9	40.1	42.8
Uncoilability / Dévidabilité (%)	84.5	81.6	84.7	83.0	86.0	81.8
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3348	3535	3458	3738	3371	3712
Super 1 × Hesa 2						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	1.0	0.86	0.96*	0.83	0.96	0.81
Filament length / Longueur de la bave (m)	1271	1350	1263	1313	1233	1207
Silk coverage / Obtention de soie (%)	48.5	52.9	47.1	52.6	46.5*	51.1
Yield / Rendement (%)	43.7	47.6	42.7	47.3	42.4	44.9
Uncoilability / Dévidabilité (%)	90.1	89.8	90.3	90.9	91.1	90.5
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	2912	3266	3131**	3352	3072	3337*
Hesa 2 × Super 1						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.91	0.77	0.90	0.74	0.95	0.77
Filament length / Longueur de la bave (m)	1276	1314	1144*	1144*	1194	1111*
Silk coverage / Obtention de soie (%)	47.9	53.1	48.3	52.1	48.9	52.8
Yield / Rendement (%)	43.0	47.9	42.0	45.0*	42.3**	44.1*
Uncoilability / Dévidabilité (%)	89.7	91.2	85.9**	86.3*	86.5**	83.5***
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3066	3481	3062	3464	3007	3235
Shunrei × Shogezu						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	1.0	0.89	1.0	0.93	1.1	0.96**
Filament length / Longueur de la bave (m)	1302	1268	1297	1401**	1464**	1491***
Silk coverage / Obtention de soie (%)	51.9	56.4	50.0*	54.9	46.6**	54.5*
Yield / Rendement (%)	47.4	51.6	45.1*	50.2	45.0	49.0
Uncoilability / Dévidabilité (%)	91.4	91.6	91.1	91.9	91.0	91.0
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	2671	2780	2852*	3019*	2929**	3165**

C: Control. 40% mlp: Diet with 40% mulberry leaf powder. 50% mlp: Diet with 50% mulberry leaf powder
F: Female. M: Male.

C : Témoin. 40% mlp : Aliment avec 40 % de feuilles de mûrier en poudre. 50% mlp : Aliment avec 50 % de feuilles de mûrier en poudre. F : Femelle. M : Mâle.

* p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001.

Table IV. Characteristics of cocoons of the two sexes during autumn silkworm feeding, 1990.

Tableau IV. Caractéristiques des cocons des deux sexes au cours de l'élevage d'automne 1990.

Indices	C		40% mlp		50% mlp	
	F	M	F	M	F	M
Super 1						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.67	0.57	0.64*	0.55*	0.64**	0.59
Filament length / Longueur de la bave (m)	1010	1077	986	966**	978	1000
Silk coverage / Obtention de soie (%)	45.6	51.1	45.6	49.8	45.6	52.3
Yield / Rendement (%)	40.4	45.0	40.9	44.8	40.0	45.6
Uncoilability / Dévidabilité (%)	88.6	89.1	89.2	87.6	87.1	
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3737	4236	3789	3981	3831	3954
Hesa 2						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.67	0.58	0.65	0.57	0.67	0.56
Filament length / Longueur de la bave (m)	1009	1054	1035	1034	1032	1029
Silk coverage / Obtention de soie (%)	45.6	51.3	46.1	49.9	45.7	49.4*
Yield / Rendement (%)	38.3	43.3	40.1	42.0	40.3*	42.4
Uncoilability / Dévidabilité (%)	84.9	84.3	86.8	84.2	88.0*	85.8
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3988	4275	3973	4377	3646*	4337
Super 1 × Hesa 2						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.68	0.56	0.67*	0.58	0.62**	0.60
Filament length / Longueur de la bave (m)	1110	1087	1050*	1081	994**	1044**
Silk coverage / Obtention de soie (%)	47.9	51.1	45.1*	50.2	48.7	50.7
Yield / Rendement (%)	42.7	45.3	39.6	44.9	39.4	43.8
Uncoilability / Dévidabilité (%)	89.8	88.7	88.0*	89.4	84.2	86.3*
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3897	4123	3977	4193	4009	3947
Hesa 2 × Super 1						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.59	0.54	0.68*	0.59**	0.66**	0.57*
Filament length / Longueur de la bave (m)	941	976	946	991	964	983*
Silk coverage / Obtention de soie (%)	46.3	50.2	46.8	51.6	46.0	50.8
Yield / Rendement (%)	40.8	43.3	41.0	45.0	40.5	44.7
Uncoilability / Dévidabilité (%)	88.1	86.3	87.1	87.6	87.9	87.8*
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3925	4427	3462**	3752**	3723*	3924*
Shunrei × Shogezu						
Dry cocoon weight / Poids cocon sec (g)	0.74	0.64	0.66**	0.60**	0.69**	0.61
Filament length / Longueur de la bave (m)	1128	1177	1064**	1057**	1157	1162
Silk coverage / Obtention de soie (%)	47.5	52.8	48.6*	52.2	48.4	52.7
Yield / Rendement (%)	42.8	47.6	42.8*	45.7**	43.4	46.4
Uncoilability / Dévidabilité (%)	90.3	90.2	87.9**	87.5**	90.4	90.1
Silk thickness / Epaisseur de la soie (Nm)	3611	3922	3827*	3864	3923**	4023

C: Control. 40% mlp: Diet with 40 % mulberry leaf powder. 50% mlp: Diet with 50% mulberry leaf powder
 F: Female. M: Male.

C : Témoin. 40% mlp : Aliment avec 40 % de feuilles de mûrier en poudre. 50% mlp : Aliment avec 50 % de feuilles de mûrier en poudre. F : Femelle. M : Mâle.

* p < 0.05; ** p < 0.01.

REFERENCES

- BOGDANOW E.A. (1908) Über das Aghangigkeit des Wachstums der Fliegenlarven von Bakterien und Fermenten und über Variabilitet und Vererbung bei den Fleischfliegen. *Archiv. Anat. Physiol. Abt. Suppl.*, 173-200.
- FRAENKEL G. (1959) A historical and comparative survey of the dietary requirements of insects. *Ann. New York Acad. Sci.*, 77, 267-274.
- FUKUDA T., SUDO M., HIGUCHI Y. (1960) Silkworm raising on the artificial food. *J. Sericult. Sci. Japan*, 29, 1-3.
- HORIE Y., INOKUCHI T., WATANABE K. (1970) Effects of dietary amino acid balances on growth and cocoon quality in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan*, 24, 345-365.
- HORIE Y. (1981) Development of artificial diet for the silkworm, *Bombyx mori*, and its practical application. *Plant Protect.*, 35(5), 14-21.
- HOSKINS W.M., CRAIG R. (1935) Recent progress in insect physiology. *Physiol. Rev.*, 15, 525-596.
- HOUSE H.L. (1963) Nutritional diseases. *In* *Insect Pathology*. E.A. Steinhaus ed., Academic Press, New York and London, 5, 1-62.
- ITO T. (1961) Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori*. I. Nutritive effects of soybean oil for the larva. *Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan*, 16, 311-348.
- ITO T., ARAI N. (1962) Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori*. VIII. Amino acid requirements and nutritive effects of various proteins. *Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan*, 19, 345-373.
- ITO T., ARAI N. (1969) An amino-acid diet for the silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Agricult. Chem. Soc. Japan*, 40, 110-112.
- ITO T. (1969) Rearing of the silkworm under aseptic conditions. *Japan Agric. Res.*, 4, 33-35.
- ITO T., HORIE Y., WATANABE K., TAKAMIYA K., FURUAMA M., MIYABASHI M., YAMAMOTO K., NAGASHIMA M. (1974) Rearing of larvae of the silkworm, *Bombyx mori*, entirely on semi-synthetic diets. *J. Agricult. Chem. Soc. Japan*, 48, 403-407.
- ITO T., MIZUTA Y., TAKAMIYA K., UEDA S., KIMURA R., HIGUCHI T., TAKAHASHI S. (1975) Growth, development and cocoon production in artificial diet rearing of the silkworm, *Bombyx mori*, with or without application of a synthetic juvenile hormone analog. *J. Agricult. Chem. Soc. Japan*, 49, 39-48.
- ITO T., TANAKA M. (1962) Rearing of the silkworm by means of aseptic technique. *J. Sericult. Sci. Japan*, 31, 7-10.
- KANAREV G., PEEVA I. (1981) Possibilities of using artificial diets for silkworm. *Nauchni trudove, Plovdiv*, 26(3), 175-180.
- KARAIVANOV S., ZAHARIEVA K., ALEKSANROV A. (1987) Rearing of the silkworm (*Bombyx mori* L.) on the artificial feed "Vita Silk". *Harmanli*, 22(10), 89-93.
- KERKUT G.A., GILBERT L.I. (1985) *Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology*. Pergamon Press Ltd., 4.
- MOORE R.F. (1980) The effect of varied amounts of starch, sucrose and lipids on the fatty acid of the boll weevil. *Ent. Exp. App.*, 27, 246-254.
- NIHMURA M. (1972) Rearing of the silkworm, *Bombyx mori*, on the artificial feed by adapting the changes in feeding palatability according to larval growth. *J. Sericult. Sci. Japan*, 41, 375-382.
- PETKOV N., PETKOV M., MANCHEV M., NACHEVA I., ALEKSANDROV A. (1989) *Handbook to silkworm breeder*. Zemizdat, Sofia, 57-69.
- SINGH P. (1972) Bibliography of artificial diets for insects and mites. *N.Z. Dept. Sci. Ind. Res. Bull.*, 209.
- SINGH P. (1974) Artificial diets for insects: A compilation of references with abstracts (1970-72). *N.Z. Dept. Sci. Ind. Res. Bull.*, 214.
- SINGH P. (1976) *Synthetic diets for insects, mites and spiders*. IFI, Plenum Press, New York, Washington and London.
- TRAGER W. (1953) Nutrition. *In* *Insect Physiology*. D.D. Roeder ed., John Wiley and Sons, New York, pp. 350-386.

- TSIROPOULOS G.J. (1980) Major nutritional requirements of adult *Dacus oleae*. Ann. Ent. Soc. Amer., 73, 251-253.
- WALDBAUER G.P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. In Advance in insect physiology. Academic Press, New York, 5, 229-288.

ELEVAGE DE LIGNEES ET D'HYBRIDES BULGARES DE VER A SOIE (*BOMBYX MORI* L.) SUR ALIMENT ARTIFICIEL AU COURS DU PREMIER AGE

E. GENOVA

University of Zootechnics and Veterinary Medicine, Stara Zagora 6000, Bulgarie.

Des expériences ont été réalisées en 1990 au cours des élevages de ver à soie de printemps et d'automne avec les races bulgares Super 1, Hesa 2 et leurs hybrides ainsi que les hybrides japonais Shunrei × Shogezu et Kinshu × Showa. Les larves du premier âge du groupe témoin ont été nourries avec des feuilles de mûrier et les lots expérimentaux avec des aliments artificiels contenant 20, 25, 30, 40, 50 à 60 % de poudre de feuilles de mûrier.

Les aliments contenant 20, 25 et 30 % de poudre de feuilles de mûrier sont mal acceptés par les larves et donnent un taux de mortalité élevé. Le mélange contenant 60 % de poudre de feuilles de mûrier a moisi et a été écarté. Les contenus élevés en poudre de feuilles de mûrier donnent un pH élevé qui rend l'aliment artificiel inutilisable. Les résultats obtenus pour les aliments contenant 40 et 50 % de poudre de feuilles de mûrier sont inférieurs à ceux obtenus chez le lot témoin pour l'élevage de printemps et supérieurs pour l'élevage d'automne.

Nos mélanges sont meilleurs que les feuilles d'automne, de qualité médiocre. Malheureusement, ils présentent certains désavantages et ne sont pas comparables aux feuilles de printemps dont la qualité est excellente.

Les résultats diffèrent en fonction des races et des hybrides. Les hybrides japonais donnent un développement meilleur que les races et les hybrides bulgares.

INTRODUCTION

L'utilisation d'aliments artificiels pour l'élevage des insectes est un phénomène de ce siècle qui s'est développé dans les années 1950 afin de répondre à la demande de grandes quantités d'insectes à des fins de recherches fondamentales (Singh, 1972, 1974, 1976 et 1977).

Un grand nombre de travaux, principalement au Japon (Fukuda et coll., 1960 ; Ito, 1961, 1962, 1969 ; Ito et Arai, 1965, 1966 ; Horie et coll., 1970 ; Nihmura, 1972 ; Ito et coll., 1974, 1975) ont été publiés sur l'élaboration et la mise au point d'aliments artificiels destinés aux vers à soie. Ito (1961, 1962, 1969) et collaborateurs (1974, 1975) ont publié de nombreux articles sur cette question. Leurs travaux préliminaires ont commencé dans les années 1950 et la composition du premier aliment artificiel de base a été publiée en 1961. Depuis, de nombreuses modifications ont été apportées à cette formulation dans le but d'affiner les techniques d'élevage du ver à soie.

De nombreux tests portant sur la combinaison de différents composants chimiques ont rendu possible la définition et les quantités requises de substances nutritives essentielles à la croissance normale des vers à soie élevés sur aliments artificiels (Bogdanov, 1908 ; Hoskins et Craig, 1935 ; Trager, 1953 ; Fraenkel, 1959 ; House, 1963 ; Waldbauer, 1968 ; Tsiropoulos, 1980 ; Moore, 1980 ; Horie, 1981 ; Kerkut et Gilbert, 1985). Ces études ont démontré qu'il était nécessaire de suivre

certaines règles de base : l'aliment doit répondre à tous les besoins nutritifs, posséder des qualités physiques spécifiques et être exempt de toute contamination bactériologique.

En Bulgarie, des expériences portant sur le nourrissage des vers à soie avec des aliments artificiels ont été réalisées de manière sporadique (Kanarev et Peeva, 1981 ; Karainov et coll., 1987 ; Petkov et coll., 1989) et avec des aliments artificiels fabriqués au Japon. On ne dispose d'aucune formulation d'aliments adaptés aux races et aux hybrides locaux et d'aucune technologie de production.

Le but des expériences en laboratoire décrites ici est d'élucider certains des problèmes liés au nourrissage des vers à soie avec des aliments artificiels et de déterminer les conditions préliminaires pour entreprendre un élevage sur milieu artificiel en Bulgarie.

MATERIELS ET METHODES

1. Composition et préparation des milieux artificiels pour vers à soie :

On a élaboré des milieux artificiels contenant différentes quantités de poudre de feuilles de mûrier (20, 25, 30, 40, 50 et 60 %). Selon les formulations conventionnelles publiées, un milieu artificiel peut contenir les composants suivants : poudre de soja dégraissé (extrait par éther diéthylique) dans des proportions de 3 à 32 % de telle façon que les mélanges ayant les plus faibles contenus en poudre de feuilles de mûrier aient les contenus les plus élevés en poudre de soja. Les composants suivants doivent donner les protéines brutes requises : cellulose microcristalline (jusqu'à 16 %, également en fonction du contenu en poudre de feuilles de mûrier), saccharose chimiquement pur (8 à 30 %), amidon (1,4 à 5 %), huile de soja (dont le contenu varie de manière non significative, soit de 1 à 1,5 %), acide citrique (3,5 à 4 %) et acide ascorbique (1,5 à 2 %). Les aliments contiennent également un mélange de sels inorganiques (mélange salin de Wesson, composition publiée par General Biochemicals, Inc., Ohio, USA) et, dans tous les cas, de l'agar à 7,5 % (qualité microbiologique), de l'acide scorbutique (1 à 3 %), un mélange de vitamine B, un mélange d'acides aminés et un agent antibactérien (streptomycine).

Ces ingrédients sont ajoutés en fonction du contenu en poudre de feuilles de mûrier afin d'ajuster l'équilibre nutritionnel de l'aliment. 4,5 ml d'eau distillée ont été ajoutés à chaque gramme d'aliment sec.

Après mélange des composants secs et liquides (vitamines solubles dans l'eau + antibiotique) avec la préparation soluble dans l'huile (huile de soja), une stérilisation a été réalisée d'après Koch pendant 20 à 30 minutes à 100 °C. La stérilisation est suivie d'une homogénéisation. Le mélange est versé dans des boîtes de Pétri et socké au froid (4 à 5 °C) pendant plusieurs jours avant utilisation.

2. Races et hybrides de vers à soie : nourrissage et élevage :

Les races bulgares (Super 1, Hesa 2, Super 1 × Hesa 2 et Hesa 2 × Super 1) et les hybrides d'origine japonaise et chinoise proviennent de l'Experimental Silkworm Station de Vratza (Petkov et coll., 1989). Les races et hybrides bulgares ne sont pas sélectionnés pour l'alimentation sur milieu artificiel. Les hybrides japonais Shunrei × Shogezu (élevage de printemps) et Kinshu × Showa (élevage d'automne) ont également été sélectionnés pour cette expérience.

Pour chaque race ou chaque hybride, 3 lots de 100 larves, y compris pour le témoin, ont été nourris avec des feuilles de mûrier. Les larves du premier âge ont été nourries sur milieu artificiel et élevées dans un incubateur dans l'obscurité à une température de 28 à 30 °C et une humidité de 85 %. L'élevage du témoin a été réalisé selon les besoins microclimatiques des vers à soie nourris avec des feuilles de mûrier.

Nous avons étudié certaines caractéristiques biologiques du développement, dont la survie à différents âges et la durée du développement larvaire en heures. Les indices quantitatifs des cocons (liés à la production) ont également été relevés : taille des cocons secs, poids du cocon, longueur et denier de la bave, obtention de soie et dévidabilité.

Les résultats sont analysés selon les méthodes statistiques (Snedecor, 1961).

RESULTATS ET DISCUSSION

Au moment de la formulation des aliments artificiels, nous avons tenu compte du fait que les substances nutritionnelles des feuilles de mûrier sont nécessaires aux vers à soie. Par ailleurs, en Bulgarie, il n'existe pas de races ou d'hybrides sélectionnés pour le nourrissage sur milieu artificiel. Nos aliments expérimentaux devaient impérativement contenir des quantités importantes de poudre de feuilles de mûrier comme source de protéines, de vitamines et de substances inorganiques. Nous avons estimé que l'incorporation de poudre de feuilles de mûrier était indispensable à la croissance des larves du premier âge. Les qualités physiques du milieu et son utilisation ont été améliorées.

Notre série d'aliments artificiels contient 20, 25, 30, 40, 50 et 60 % de poudre de feuilles de mûrier. Seules les larves du premier âge ont été nourries avec ces aliments.

Les larves du premier âge élevées sur les mélanges artificiels contenant 20, 25 ou 30 % de poudre de feuilles de mûrier présentent un taux de survie excessivement faible. L'aliment contenant 60 % de poudre de feuilles de mûrier s'est avéré inutilisable en raison de la formation rapide de moisissures. Ces moisissures sont la conséquence du pH élevé qui se développe lorsque la concentration en poudre de feuilles de mûrier est élevée. L'acide sorbique en concentrations conventionnelles ne constitue pas un fongicide efficace.

Des résultats comparativement meilleurs ont pu être obtenus avec 40 et 50 % de poudre de feuilles de mûrier. Nos expériences suivantes ont été réalisées avec ces deux dernières variantes.

Pour ce qui concerne les larves du premier âge des groupes nourris avec les aliments artificiels, on observe une tendance à une meilleure survie chez les hybrides que chez les races pures. Cette tendance est constante sur la totalité de la période larvaire (Tableau I). Pour ce qui concerne l'ensemble du développement du ver à soie, aucune variation significative n'est observée entre les groupes témoins et les groupes expérimentaux (Tableau II).

Parallèlement, on observe des différences de réactions évidentes aux différents aliments en fonction des races et des hybrides. Ceci implique que le nourrissage sur aliment artificiel doit tenir compte des besoins spécifiques des races ou des hybrides, c'est-à-dire de leur adaptabilité au milieu.

Les aliments artificiels présentent néanmoins des désavantages qui devront être déterminés et éliminés à l'avenir. Il est nécessaire de trouver la raison pour laquelle le nourrissage de printemps avec des feuilles de mûrier de haute qualité ajoutées aux aliments artificiels donne des résultats médiocres tandis que l'élevage d'automne sur milieu artificiel donne des résultats plus satisfaisants.

Nous n'avons pas observé de différences simples pour une signification définie dans les indices technologiques (Tableaux III et IV) après nourrissage des premiers âges uniquement sur milieu artificiel par rapport au nourrissage sur feuilles de mûrier sur la totalité de la période larvaire. Ces données suggèrent que ce type de nourrissage au cours du premier âge n'a pas d'effet significatif sur le fonctionnement de la glande séricigène. Il semble plutôt que les effets du nourrissage du premier âge sur milieu artificiel concernent certains indices biologiques comme la viabilité et les périodes de nourrissage et de mue. Lorsque les aliments artificiels ne perturbent pas la croissance normale et la viabilité, on obtient des cocons de bonne qualité.

L'évaluation sur la base de l'ensemble des indices biologiques et technologiques montrent que les résultats sont meilleurs avec les hybrides qu'avec les races pures.

L'hybride japonais Shunrei × Shogezu donne de meilleurs résultats sur aliment artificiel que sur feuilles de mûrier. Cet hybride se caractérise par un développement vigoureux du premier âge et son nourrissage sur des aliments artificiels complets comme les aliments utilisés ici permet de mettre en valeur tous les avantages biologiques de cet hybride. Il semble également qu'il soit moins sélectif vis-à-vis du goût de l'aliment artificiel et l'utilise donc mieux que les autres races hybrides.

STUDIES ON THE STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS OF THE DENSONUCLEOVIRUS OF *BOMBYX MORI* CHINA (ZHENJIANG) STRAIN

GAO Q.* & CAI Y.

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

*Previous studies have proved the existence of two kinds of DNA, DNA I and DNA II, in the densonucleovirus of the *Bombyx mori* (BmDNV) China (Zhenjiang) strain. The structure of nucleic acids of BmDNV has been studied, using the technology of restriction mapping and hybridization. Different DNA sequences were found in BmDNV DNA I and DNA II. A hypothesis of a mixture of two kinds of virus particles in the BmDNV China (Zhenjiang) strain is proposed.*

Keywords: BmDNV, restriction map, hybridization.

INTRODUCTION

Densonucleovirus of *Bombyx mori* (BmDNV) has been isolated from several silkworm strains, such as Ina, Saku, Yamanashi, and China (Zhenjiang) strains, since it was discovered in 1975. From their immunological responses, the China (Zhenjiang) strain has similar properties to those of Yamanashi and Saku strains, while the Ina strain is quite different from the Yamanashi and China (Zhenjiang) strains in some DNA properties. DNA extracted from the Ina strain gives a single band in agarose gel electrophoresis, while DNA from the other two strains form two close bands termed DNA I and DNA II (Cai *et al.*, 1983). It is of particular interest to find out if DNA I and DNA II have different nucleic acid sequences. Kawase *et al.* (1984) found that DNA I and DNA II have different nucleic acid sequences through the study of the restriction endonuclease maps from the Yamanashi strain. Hu *et al.* (1987) also observed through electron microscopy that the existence of two kinds of DNA is not due to configuration isomerism. In this study, we used restriction mapping and hybridization to analyze the nucleic acid structure of the BmDNV China (Zhenjiang) strain. It is clear from our results that BmDNV DNA I and DNA II have different DNA sequences. Our hypothesis is that this strain could be a mixture of two viruses.

MATERIALS AND METHODS

BmDNV strain:

The BmDNV China (Zhenjiang) strain was maintained at the Sericultural Research Institute.

Purification of BmDNV particles and extraction of DNA:

Purification of BmDNV particles and extraction of DNA were carried out according to the methods used for the BmDNV Yamanashi strain (Cai *et al.*, 1983). The virus was further purified using cesium chloride (CsCl) gradient centrifugation.

* Current address : School of Dentistry, Room 4108, University of Southern California, Los Angeles, California, 90089-0641, USA.

Restriction endonuclease and DNA digestion:

Restriction endonucleases were obtained from Huamei Bioengineering Company. A typical reaction contained 1 µg DNA and 2 units of enzyme in a volume of 20 µl TA buffer (O'Farrell *et al.*, 1980) and was incubated at 37 °C for 2 hours.

Recovery of BmDNV DNA I and DNA II:

Purification of DNA was carried out by the method of Maniatis *et al.* (1982). Electrophoresis was carried out on 1% LMP agarose gel (Seaplaque FMC) at 4 °C. Slices of agarose containing DNA I and DNA II bands were cut out under a long-wave UV lamp, then 1/10 gel volume of 5 M NaCl solution was added and the mixture was incubated at 68 °C for 10 minutes to melt the gel. After melting, an equal volume of phenol (pH = 8.0) was added, followed by vortexing of the mixture and centrifugation. The aqueous phase was recovered and the extraction was repeated 2-3 times. Finally, ethanol was added to the aqueous phase, the DNA was recovered by centrifugation and the pellet was dissolved in TE buffer (10 mM Tris, 1 mM EDTA).

Preparation of BmDNV DNA probe:

Clones containing DNA I 2.0 kb and DNA II 5.0 kb fragments, respectively, were selected from our established gene library of the BmDNV China (Zhenjiang) strain. The plasmid DNA was purified, then digested with the corresponding restriction endonucleases. To prepare BmDNV DNA I and DNA II probes the fragments of BmDNV DNA were cut and then labeled with α -³²PdCTP using an Amersham Nick Translation Kit according to the manufacturer's instructions. A 50 µl reaction mixture contained 2 µg DNA to be labeled, dNTPs, α -³²PdCTP, 2 units of DNA polymerase I, and 5 µl 10× nick translation buffer and was incubated at 15 °C for 1 hr. Then tRNA, 3 M sodium acetate, and ethanol were added and the mixture was left overnight at -20 °C. DNA was recovered by centrifugation and the pellet was dissolved in TE buffer.

Table I. Restriction endonuclease digested fragments of BmDNV DNA.

Tableau I. Fragments d'ADN de BmDNV digéré par endonucléase de restriction.

Enzyme	Hind III		Pst I		BamH I		Pvu II		EcoR I		Hind III + Pst I		Hind III + Pvu II		Hind III + BamH I	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
BmDNV DNA																
Digested / Digéré	2.4	3.6	5.3	6.4	6.0	5.0	6.0	5.2	6.0	6.6	2.4	3.6		3.6		2.8
Fragments (kb)	1.8	3.1	0.7			0.8		1.5			1.8	3.1		1.7		2.2
	1.6					0.7					1.0			1.4		0.8
											0.7					0.7
Total	5.8	6.7	6.0	6.4	6.0	6.5	6.0	6.7	6.0	6.6	5.9	6.7		6.7		6.5

Hybridization:

BmDNV DNA was separated by electrophoresis on a 1% agarose gel and the DNA fragments were transferred to a nitrocellulose filter according to the method of Southern (Maniatis *et al.*, 1982b), followed by baking at 80 °C for 2 hr. Prehybridization and hybridization were carried out by the

method of Maniatis *et al.* (1982a). Prehybridization was carried out at 42 °C for 18 hr and then radiolabeled probe added and hybridization carried out for 24 hr at the same temperature. The filter was washed at room temperature 3 times using 5 × SSC solution for 25 min. each, then twice at 68 °C for 15 min. each. After drying, the filter was exposed to X-ray film with intensifying screen.

RESULTS AND DISCUSSION

DNA restriction map comparison:

BmDNV China (Zhenjiang) strain DNA I and DNA II recovered from agarose gels were single-digested with restriction enzymes BamH I, Pst I, Hind III, Pvu II, and EcoR I. Electrophoresis of the digests on agarose gels indicated that DNA I has 2 Hind III and 1 Pst I sites, but no sites for the other enzymes; by contrast, DNA II has 2 BamH I, 1 Pvu II, and 1 Hind III sites, but is not cut by Pst I and EcoR I. DNA I and DNA II were also double-digested and the restriction maps of DNA I and DNA II were obtained from the combined results (Fig. 1 and Table I). From the sums of fragment sizes in each set of digests (Table I, Total) the size of DNA I varies from 5.8 to 6.0 kb and DNA II varies from 6.4 to 6.7 kb. These differences are due to errors in reading the positions of the fragments on agarose gels. Nevertheless, the drastic difference between the two restriction maps indicates that DNA I and DNA II have different DNA sequences.

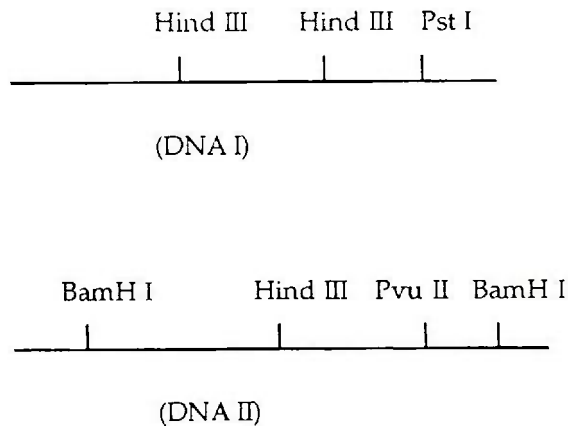


Fig. 1: Restriction maps of BmDNV China (Zhenjiang) strain DNA I and DNA II.

Fig. 1 : Cartes de restriction de l'ADN I et de l'ADN II de la souche chinoise (Zhenjiang) de BmDNV.

Hybridization:

Radioactively labeled probes from DNA I and DNA II were hybridized to digested samples of DNA I and DNA II transferred to nitrocellulose filters. The results showed that the DNA I probe only hybridized with the DNA I fragments, but not with the DNA II fragments; the DNA II probe only hybridized with the DNA II fragment, but not with the DNA I fragment. These results further support the conclusion that DNA I and DNA II have different sequences.

CONCLUSIONS

Although two kinds of virus particles were not separable by CsCl gradient centrifugation and they appeared to have the same shape and dimension by electron microscopy, our DNA restriction map and hybridization results showed that the BmDNV China (Zhenjiang) strain is quite possibly a mixture of two kinds of virus particles with similar shape and density, but with different nucleic acid sequences. Further study is needed to clarify the relationship between the two virus particles and their biological importance.

ACKNOWLEDGMENTS

We are very grateful to Zhu Qun and Bai Yongyan of the Institute of Plant Physiology (Shanghai, China), and Yu Chengxin and Mi Keyong of the Institute of Virus (Wuhan, China), for their help and suggestions.

REFERENCES

- CAI Y., BANDO H. *et al.* (1983) Abstracts of the Japanese Sericultural Academy Symposium, 27.
GAO Q., CAI Y., ZHU Q., BAI Y. (1987) Foundation of gene pool of densonucleovirus (Zhenjiang strain) of *Bombyx mori*. *Canye Kexue*, 13(4), 227-229.
HU Y. *et al.* (1987) *J. Virology (China)*, 3, 94-97.
KAWASE S., CAI Y., BANDO H., SEKI H. (1984) Chemical properties of the Yamanashi isolate of the *Bombyx* densonucleosis virus. *J. Sericult. Sci. Japan*, 53(4), 341-347.
LI Y. *et al.* (1986) Study on the DNA of densonucleosis virus of silkworm, *Bombyx mori*. *Canye Kexue*, 12(4), 238-239.
O'FARRELL P.H., KUTTER E., NAKANISHI M. (1980) A restriction map of the bacteriophage T4 genome. *Mol. Gen. Genet.*, 179, 421-435.
MANIATIS T., FRITSCH E.F., SAMBROOK J. (1982a) Molecular cloning, a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory, 164-166.
MANIATIS T., FRITSCH E.F., SAMBROOK J. (1982b) Molecular cloning, a laboratory manual. Cold Spring Harbor Laboratory, 383-389.

ETUDES SUR LA STRUCTURE DES ACIDES NUCLEIQUES DU VIRUS DE LA DENSONUCLEOSE DE *BOMBYX MORI* DE LA SOUCHE CHINE (ZHENJIANG)

GAO Q.* & CAI Y.

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

On a déjà démontré l'existence de deux espèces d'ADN, l'ADN I et l'ADN II, chez le virus de la souche Chine (Zhenjiang) de la densonucléose de Bombyx mori. La structure des acides nucléiques du BmDNV a été étudiée en utilisant la technologie de la cartographie de restriction et l'hybridation. Des séquences d'ADN différentes ont été mises en évidence chez l'ADN I et l'ADN II de BmDNV. On a émis l'hypothèse que la souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV était composée d'un mélange de deux espèces de particules virales.

INTRODUCTION

Le virus de la densonucléose de *Bombyx mori* (BmDNV) a été isolé chez plusieurs souches de vers à soie comme Ina, Saku, Yamanashi et Chine (Zhenjiang) depuis sa découverte en 1975. Les réponses immunologiques montrent que la souche Chine (Zhenjiang) a des propriétés identiques à celles des souches Yamanashi et Saku, tandis que la souche Ina présente des différences marquées par rapport aux souches Yamanashi et Chine (Zhenjiang) pour ce qui concerne certaines propriétés de l'ADN. L'ADN extrait de la souche Ina donne une seule bande par électrophorèse sur gel d'agarose, tandis que les deux autres souches forment deux bandes proches dénommées ADN I et ADN II (Cai et coll., 1983). Il serait intéressant de déterminer si l'ADN I et l'ADN II possèdent des séquences d'acides nucléiques différentes par l'étude des cartes d'endonucléases de restriction de la souche Yamanashi. Hu et coll. (1987) ont également observé au microscope électronique que l'existence de ces deux espèces d'ADN n'est pas due à un isomérisme de configuration. Dans cette étude, nous avons utilisé la cartographie de restriction et l'hybridation pour analyser la structure des acides nucléiques de la souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV. Nos résultats montrent clairement que l'ADN I et l'ADN II de BmDNV ont des séquences d'ADN différentes. Notre hypothèse est que cette souche pourrait être un mélange de deux virus.

MATERIELS ET METHODES

Souche BmDNV :

La souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV provient du Sericultural Research Institute.

Purification des particules de BmDNV et extraction de l'ADN :

La purification des particules de BmDNV et l'extraction de l'ADN ont été réalisées d'après les méthodes utilisées pour la souche Yamanashi de BmDNV (Cai et coll., 1983). Le virus a ensuite été purifié par centrifugation sur gradient de chlorure de césium (CsCl).

* Adresse actuelle : School of Dentistry, Room 4108, University of Southern California, Los Angeles, California, 90089-0641, USA.

Endonucléases de restriction et digestion de l'ADN :

Les endonucléases de restriction ont été fournies par Huamei Bioengineering Company. Une réaction type contenant 1 µg d'ADN et 2 unités d'enzymes dans un volume de 20 µl de tampon TA (O' Farrell et coll., 1980) a été incubée à 37 °C pendant 2 heures.

Obtention de l'ADN I et de l'ADN II de BmNPV :

La purification de l'ADN a été réalisée d'après la méthode de Maniatis et coll. (1982). L'électrophorèse a été réalisée sur un gel d'agarose 1 % LMP (Scaplague FMC) à 4 °C. Des coupes d'agarose contenant les bandes d'ADN I et d'ADN II ont été faites sous une lampe UV à grandes ondes puis une solution à 5 M NaCl a été ajoutée à raison de 1/10e du volume du gel et le mélange incubé à 68 °C pendant 10 minutes pour faire fondre le gel. Après fusion, on a ajouté un volume égal de phénol (pH = 8,0) puis le mélange a été centrifugé. La phase aqueuse a été prélevée et l'extraction a été répétée 2 ou 3 fois. Enfin, l'éthanol a été ajouté à la phase aqueuse, l'ADN a été extrait par centrifugation et le culot a été dissous dans un tampon TE (100 mM Tris, 1 mM EDTA).

Préparation de la sonde d'ADN de BmDNV :

Des clones contenant les fragments d'ADN I 12,0 kb et d'ADN II 5,0 kb ont été sélectionnés dans notre banque génétique de la souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV. L'ADN plasmide a été purifié, puis digéré avec les endonucléases de restriction correspondantes. Pour préparer les sondes d'ADN I et d'ADN II de BmDNV, les fragments d'ADN de BmDNV ont été coupés et marqués avec un α -³²PdCTP à l'aide d'un kit de Nick-Translation Amersham selon les instructions du fabricant. Le mélange réactif à 50 µl contenant 2 µg d'ADN à marquer, dNTP, α -³²PdCTP, 2 unités d'ADN de polymérase I et 50 µl de tampon de Nick-Translation concentré 10 fois a été incubé à 15 °C pendant 1 heure. Puis on ajoute l'ARNt, l'acétate de sodium 3 M et l'éthanol ; le mélange est ensuite laissé reposer pendant une nuit à -20 °C. L'ADN a été extrait par centrifugation et le culot a été dissous dans un tampon ET.

Hybridation :

L'ADN de BmDNV a été isolé par électrophorèse sur gel d'agarose à 1% et les fragments d'ADN ont été transférés sur un filtre de nitrocellulose d'après la méthode de Southern (Maniatis et coll., 1982b) puis cuits à 80 °C pendant 2 heures. La préhybridation et l'hybridation ont été réalisées selon la méthode de Maniatis et coll. (1982a). La préhybridation a été réalisée à 42 °C pendant 18 heures et, après addition de la sonde radioactive, l'hybridation a été réalisée pendant 24 heures à la même température. Le filtre a été lavé dans une solution 5 × SSC 3 fois 25 minutes à température ambiante puis deux fois 15 minutes à 68 °C. Après séchage, le filtre a été exposé aux rayons X sous écran amplificateur.

RESULTATS ET DISCUSSION**Comparaison des cartes de restriction des ADN :**

Les ADN I et II de la souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV extraits sur gel d'agarose ont été digérés avec les enzymes de restriction BamH I, Pst I, Hind III, Pvu II et EcoR I. L'électrophorèse des digestes sur gels d'agarose indique que l'ADN I a 2 sites Hind III et 1 site Pst mais aucun site pour les autres enzymes ; à l'inverse, l'ADN II a 2 sites BamH I, 1 site Pvu II et 1 site Hind III mais n'est pas coupé par Pst I et EcoR I. L'ADN I et l'ADN II ont été bi-digérés et les cartes de restriction de l'ADN I et de l'ADN II ont été dérivées par combinaison des résultats (Fig. 1 et Tableau I). La somme de la taille des fragments dans chacun des lots de digestes (Tableau I, Total) montre que la taille de l'ADN I varie de 5,8 à 6,0 kb et celle de l'ADN II varie de 6,4 à 6,7 kb. Ces différences sont dues à des erreurs de lecture de la position des fragments sur gels d'agarose. Néanmoins, la différence marquée entre les deux cartes de restriction indique que l'ADN I et l'ADN II ont des séquences d'ADN différentes.

Hybridation :

Les sondes d'ADN I et d'ADN II marquées radioactivement ont été hybridées avec des échantillons digérés d'ADN I et d'ADN II transférés sur des filtres de cellulose. Les résultats montrent que la sonde d'ADN I s'hybride avec les fragments d'ADN I mais pas avec les fragments d'ADN II ; la sonde d'ADN II s'hybride avec le fragment d'ADN II mais pas avec le fragment d'ADN I. Ces résultats confirment l'hypothèse selon laquelle les ADN I et II ont des séquences différentes.

CONCLUSIONS

Bien que les deux espèces de particules virales ne soient pas séparables par centrifugation sur gradient CsCl et qu'elles semblent avoir la même forme et la même taille au microscope électronique, les résultats que nous avons obtenus pour ce qui concerne la carte de restriction de l'ADN et l'hybridation montrent que la souche Chine (Zhenjiang) de BmDNV pourrait bien être un mélange de deux espèces de particules virales de même forme et de même densité mais avec des séquences d'acides nucléiques différentes. D'autres études sont nécessaires pour déterminer la relation entre les particules virales et leur importance biologique.

COMBINING ABILITY ESTIMATES IN THE ERI SILKWORM, *SAMIA CYNTHIA RICINI* BOISDUVAL, FOR LARVAL AND COCOON TRAITS

M. NAGARAJA & R. GOVINDAN

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore - 560 065, India.

A 5 × 5 diallel cross analysis involving five breeds of the eri silkworm, Samia cynthia ricini Boisduval, and their 20 F₁ hybrids, including reciprocals, was carried out to study their combining ability. The parental lines differed in their general combining ability (gca). Additive genetic variance was predominant for the rate of progression to the fourth instar, total larval duration, effective rate of rearing, maximum larval weight, cocoon yield by number and weight, cocoon weight, shell weight and productivity and non-additive genetic variance for the shell percentage. Parents with high gca effects resulted in crosses with positive specific combining ability (sca) effects for the rate of progression to the fourth instar, larval duration, effective rate of rearing, cocoon yield by number and weight and productivity.

Keywords: Eri silkworm, *Samia cynthia ricini*, combining ability.

INTRODUCTION

The ultimate goal of most of the breeding programmes is to increase the yielding ability. Hybridisation is one of the means of obtaining increased cocoon yield and the choice of breeds in such a programme is difficult owing to the differential behaviour of the inbred lines in selection for combining ability. A measure of general and specific combining ability of the parental inbred lines in terms of additive and non-additive portion of genetic variance would be of immense value in the choice of breeds and effecting crosses for improvement. As such, a study was taken up to estimate the combining ability in the eri silkworm since the documented literature is a little in this direction.

MATERIALS AND METHODS

A set of five pure lines of eri silkworm for larval body colour and patterns, viz. White Plain (WP), White Zebra (WZ), Green Plain (GP), Green Semi Zebra (GS) and Green Zebra (GZ) were crossed in a diallel set of 5 × 5 to develop 20 F₁ hybrids including reciprocals. The hybrids along with the parents were reared in a randomised block design with three replications. Each treatment consisted of 450 eggs. The rearing technology was as per Krishnaswami (1978). Observations were recorded on the rate of progression to the fourth instar, total larval duration, effective rate of rearing, maximum larval weight, cocoon yield by number and weight, cocoon weight, shell weight, shell percentage and productivity. The combining ability analysis was carried out as per Method 1, Model 2 of Griffing (1956) for the traits considered.

Table I. Analysis of variance of combining ability and estimates of variance components in a 5×5 diallel set of eri silkworm for larval and cocoon traits.

Tableau I. Analyse de variance de la capacité combinatoire et estimation des composants de la variance chez un croisement diallélique 5×5 du ver à soie eri pour les caractères de la larve et du cocon.

Source	Degrees of freedom	Mean sum of squares									
		Rate of progression to 4th instar	Total larval duration	Effective rate of rearing	Maximum larval weight	Cocoon yield by		Cocoon weight	Shell weight	Shell percentage	Productivity
						Number	Weight				
Source	Degrés de liberté	Somme moyenne des carrés									
		Taux de progression vers le 4e âge	Durée larvaire totale	Taux effectif d'élevage	Poids larvaire maximal	Rendement en cocons		Poids du cocon	Poids de la coque	Richesse soyeuse	Productivité
						Nombre	Poids				
GCA	4	10.54**	520.00**	90.36**	17.08*	207.14**	2566.76**	3.27**	0.11	0.59	0.18
SCA	10	4.19**	391.35	7.43	8.53	16.94	397.5	0.66	0.082	0.65	0.079
RD	10	8.14**	351.73	44.23	14.11	95.50	1309.17	2.09	0.045	0.084	0.21
E	48	0.28	0.37	0.63	0.29	1.35	15.19	0.18	0.103	0.25	0.027
GCA/SCA ratio		2.51	1.33	12.16	2.00	12.23	6.46	4.95	5.00	0.91	2.28
Rapport GCA/SCA											

GCA: General combining ability / Capacité combinatoire générale.

SCA: Specific combining ability / Capacité combinatoire spécifique.

RD: Reciprocal differences / Différences entre réciproques.

E: Error / Ecart.

* Significant at 5 % / Significatif à 5 %.

** Significant at 1 % / Significatif à 1 %.

RESULTS AND DISCUSSION

The analysis of variance for the combining ability is given in Table I. The variance due to general combining ability, specific combining ability and reciprocal differences were significant for all the traits. From these results, it was further evident that additive as well as non-additive gene effects were important. The estimates of components of genetic variance, δg^2 and δs^2 , were worked out from the expected mean sum of squares due to gca and sca. The magnitude of δg^2 was higher for the following traits: rate of progression to the fourth instar, total larval duration, effective rate of rearing, maximum larval weight, cocoon yield by number and weight, cocoon weight, shell weight and productivity, suggesting additive gene action in the control of these traits while the magnitude of δs^2 was higher for the shell percentage. Datta and Pershad (1988) also observed additive gene action for total larval duration in *Bombyx mori* through combining ability analysis.

As in the present study, an additive gene action for cocoon yield in the combining ability analysis was reported in *B. mori* (Datta, 1984). Nevertheless, Pershad *et al.* (1986) observed both additive and non-additive gene actions for this character. According to Datta (1984), additive gene action is known to control the shell percentage in *B. mori*.

General combining ability (gca) effects:

The gca effects of the parents are presented in Table II. Positive and significant effects were observed for the rate of progression in WP and GP, while WZ and GZ exhibited highly significant and negative effects. GZ, WZ and GS showed the highest negative desirable gca effect for total larval duration (shorter larval duration), while the remaining parents were poor combiners. WP and GS proved to be good combiners for effective rate of rearing. WZ and GS were also good combiners for maximum larval weight. WP, GP and GS were the best combiners for cocoon yield by number and weight. GP and GS performed better for cocoon weight and all were poor combiners for shell percentage. GP was a good combiner for productivity.

Specific combining ability (sca) effects:

An examination of sca effects (Table III) revealed the cross WZ $\times$ GS to possess the highest sca effect (0.99) followed by GP $\times$ GZ for the rate of progression to the fourth instar. In respect of total larval duration, the best combination was WP $\times$ GZ which had the highest negative and desirable sca effect (-21.69). The cross WP $\times$ GP exhibited a positive significant sca effect for the effective rate of rearing while the remaining crosses were either negatively significant or positively non-significant. The crosses WP $\times$ GP, WZ $\times$ GP and WZ $\times$ GZ exhibited a positive significant sca effect for the maximum larval weight. None of the crosses showed a positively significant sca effect for cocoon yield by number. For cocoon yield by weight, only WP $\times$ GP showed a positive significant sca effect. The cross WP $\times$ WZ showed a positive significant sca effect while the remaining crosses yielded negative and positively non-significant effects. The crosses WP $\times$ WZ and GP $\times$ GZ and GP $\times$ GS showed positive but significant sca effects at 5% level for the shell percentage and productivity, respectively. The high general combining ability variances observed for most of the traits indicated that additive gene actions were involved in the inheritance of these traits. However, the estimate for specific combining ability variance was higher in magnitude than that of the general combining ability for shell percentage, thereby suggesting the predominance of non-additive gene action.

The present study indicated that the performance of parents *per se* was not an indication of their combining ability. A similar trend has been observed by Petkov *et al.* (1984) and Satenahalli *et al.* (1990) in *B. mori*. A comparison of gca effects indicated that none of the parents was good in respect of all the traits. However, White Plain line was the top combiner for the rate of progression to the fourth instar, effective rate of rearing and cocoon yield by number while Green Plain line had a high gca for cocoon yield by weight, cocoon weight, shell weight and productivity. Green Zebra was the best combiner for total larval duration. All these facts suggest that these breeds have additive genetic variance for these traits.

The parents that had the highest gca effects recorded positive sca effects for the rate of progression to the fourth instar, total larval duration, effective rate of rearing, cocoon yield by number and weight

Table II. Estimates for general combining ability effects in a 5×5 diallel set of eri silkworm for larval and cocoon traits.

Tableau II. Estimation des effets de la capacité combinatoire générale chez un croisement diallélique 5×5 du ver à soie eri pour les caractères de la larve et du cocon.

Parents	Rate of progression to 4th Instar	Total larval duration	Effective rate of rearing	Maximum larval weight	Cocoon yield by		Cocoon weight	Shell weight	Shell percentage	Productivity
					Number	Weight				
<i>Parents</i>	<i>Taux de progression vers le 4e âge</i>	<i>Durée larvaire totale</i>	<i>Taux effectif d'élevage</i>	<i>Poids larvaire maximal</i>	<i>Rendement en cocons</i>		<i>Poids du cocon</i>	<i>Poids de la coque</i>	<i>Richesse soyeuse</i>	<i>Productivité</i>
					<i>Nombre</i>	<i>Poids</i>				
WP	1.07**	9.56**	3.95**	-0.97**	5.92**	13.33**	-0.05	0.06	0.26	0.013
WZ	-0.79**	-2.41**	-3.35**	1.56**	-5.11**	-18.83**	-0.55**	0.07*	0.008	0.021
GP	0.77**	4.15**	1.31**	0.27	2.05**	15.00**	0.82**	0.15**	0.200	0.19**
GS	0.27	-1.81**	0.75**	0.80**	1.15**	5.83**	0.28*	-0.04	-0.32*	-0.046
GZ	-1.33**	-9.51**	-2.65**	-1.68**	-4.01**	15.53**	-0.51**	0.09**	-0.14	-0.18
SE (g _i)	0.150	0.173	0.226	0.154	0.329	1.131	0.123	0.032	0.140	0.047
SE (g _i -g _j)	0.236	0.274	0.357	0.243	0.521	1.790	0.193	0.050	0.222	0.074
CD at 5 %	0.301	0.348	0.452	0.309	0.661	2.273	0.247	0.064	0.289	0.094
CD at 1 %	0.402	0.464	0.603	0.412	0.982	3.031	0.329	0.085	0.391	0.126

* Significant / *Significatif*.

** Highly significant / *Fortement significatif*.

Table III. Estimates of specific combining ability effects in a 5×5 diallel set of eri silkworm for larval and cocoon traits.

Tableau III. Estimation des effets de la capacité combinatoire spécifique chez des croisements dialléliques 5×5 du ver à soie eri pour les caractères de la larve et du cocon.

Crosses	Rate of progression to 4th instar	Total larval duration	Effective rate of rearing	Maximum larval weight	Cocoon yield by		Cocoon weight	Shell weight	Shell percentage	Productivity
					Number	Weight				
Croisements	Taux de progression vers le 4e âge	Durée larvaire totale	Taux effectif d'élevage	Poids larvaire maximal	Rendement en cocons		Poids du cocon	Poids de la coque	Richesse soyeuse	Productivité
					Nombre	Poids				
WP $\times$ WZ	-1.97**	11.54**	-3.01**	-2.82**	-4.55**	-15.33**	-0.33	0.15*	0.84*	0.037
WP $\times$ GP	0.13	-7.47**	3.65**	3.80**	5.45**	19.17**	0.49	-0.037	-0.42	-0.042
WP $\times$ GS	-0.71*	-11.89**	-1.28**	0.16	-1.99**	-10.00**	-0.36	0.036	0.31	0.012
WP $\times$ GZ	-1.61**	-21.69**	-1.21*	-0.78*	-1.98**	-18.83**	-0.81**	-0.12	-0.05	0.074
WZ $\times$ GP	0.16	8.94**	0.21	1.83**	0.15	1.33	0.014	-0.13	-0.51	-0.42**
WZ $\times$ GS	0.99**	1.24**	0.52	0.71*	0.88	-2.00	-0.37	0.06	0.52	0.019
WZ $\times$ GZ	0.59	11.77**	0.59	1.37**	1.05	3.33	-7.90**	-0.076	-0.30	0.0065
GP $\times$ GS	-0.24	-7.66**	-0.90*	-0.18	-1.45*	-2.50	0.22	-0.11	-0.53	0.30**
GP $\times$ GZ	0.85**	-7.13**	-1.25**	-0.77*	-1.62*	-8.00**	-0.39	0.13	0.77*	0.10
GS $\times$ GZ	-1.14**	8.34**	-0.18	-0.98**	-0.39	-0.50	0.014	0.013	0.020	0.092
SE (S_{ij})	0.307	0.354	0.455	0.317	0.579	2.332	0.251	0.066	0.351	0.097
SE (S_{ij} - S_{ik})	0.471	0.548	0.713	0.486	1.041	3.577	0.385	0.101	0.444	0.148
SE (S_{ij} - S_{kl})	0.408	0.474	0.618	0.481	0.902	3.098	0.334	0.087	0.385	0.129
CD (S_{ij}) at 5 %	0.617	0.717	0.935	0.637	1.365	4.687	0.504	0.133	0.705	0.195
CD (S_{ij}) at 1 %	0.823	0.958	1.246	0.849	1.821	6.251	0.673	0.177	0.941	0.256

* Significant / Significatif.

** Highly significant / Fortement significatif.

and productivity. Hence, the prospects of exploiting heterosis for these traits in the present material appears to be bright. Negative sca effects were recorded for the shell weight wherever the best parents were involved in the cross. The present study on combining ability in the eri silkworm, *S.c. ricini*, appears to be an additional contribution to the ericultural science though much work in this area has been done in *B. mori*.

REFERENCES

- DATTA R.K. (1984) Improvement of silkworm races (*Bombyx mori* L.) in India. *Sericologia*, 24(3), 393-415.
- DATTA R.K., PERSHAD G.D. (1988) Combining ability among multivoltine $\times$ bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrids. *Sericologia*, 28(1), 21-29.
- GRIFFING B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.*, 9, 463-493.
- KRISHNASWAMI S. (1978) New technology of silkworm rearing. Bull. no. 2, Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, p. 23.
- PERSHAD G.D., DATTA R.K., BHARGAVA S.K., VIJAYAKUMAR H.V., JOLLY M.S. (1986) Combining ability analysis in multivoltine races of *Bombyx mori* L. *Sericologia*, 26(3), 307-315.
- PETKOV N., NACHEVA Y., MLADENOV G., AKIMENKO L., BRASLAVSKIYA M., STOTSKIY M., SHCHUKIN A.R. (1984) Estimation of the combinative ability of promising Bulgarian and Ukrainian silkworm (*Bombyx mori*) breeds. 2: On the basis of the diallel cross breeds. *Anim. Sci.*, 21, 100-107.
- SATENAHALLI S.B., GOVINDAN R., GOUD J.V. (1990) Combining ability studies in silkworm, *Bombyx mori* L. *Mysore J. Agric. Sci.*, 24, 360-364.

ESTIMATION DE LA CAPACITE COMBINATOIRE CHEZ LE VER A SOIE ERI *SAMIA CYNTHIA RICINI* BOISDUVAL POUR LES CARACTERES DE LA LARVE ET DU COCON

M. NAGARAJA & R. GOVINDAN

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore - 560 065, Inde.

*On a réalisé l'analyse d'un croisement diallélique 5 × 5 comprenant cinq souches du ver à soie eri *Samia cynthia ricini* Boisduval et leurs 20 hybrides F₁ ainsi que leurs réciproques afin d'étudier la capacité combinatoire. Les lignées parentales présentent des différences pour ce qui concerne la capacité combinatoire générale. La variance des gènes additifs est prédominante pour le taux de progression vers le quatrième âge, la durée larvaire totale, le taux effectif d'élevage, le poids larvaire maximal, le rendement en cocons (nombre et poids), le poids d'un cocon, le poids de la coque et la productivité tandis que la variance génétique non-additive est prédominante pour la richesse soyeuse. Les parents présentant des capacités combinatoires générales (gca) élevées donnent des croisements avec des effets de capacité combinatoire spécifique (sca) positifs pour le taux de progression vers le quatrième âge, la durée larvaire, le taux effectif d'élevage, le rendement en cocons (nombre et poids) et la productivité.*

INTRODUCTION

Le but de la plupart des programmes de sélection est d'augmenter la capacité de rendement. L'hybridation constitue l'une des méthodes permettant d'obtenir une augmentation du rendement en cocons et le choix des souches dans ce type de programme est délicat étant donné la variabilité du comportement des lignées consanguines dans la sélection pour la capacité combinatoire. La mesure de la capacité combinatoire générale et spécifique des lignées consanguines parentales tenant compte des facteurs additifs et non additifs de la variance génétique constitue un outil précieux dans le choix des souches et lors des croisements de sélection. Compte tenu de ces observations, une étude a été réalisée afin d'évaluer la capacité combinatoire chez le ver à soie eri, la bibliographie dans ce domaine étant assez restreinte.

MATERIELS ET METHODES

Un lot de cinq lignées pures du ver à soie eri choisies pour la couleur et les marquages larvaires, à savoir : "blanc uni" (WP), "blanc zébré" (WZ), "vert uni" (GP), "vert semi-zébré" (GS) et "vert zébré" (GZ), a été soumis à un croisement diallélique de 5 × 5 afin d'obtenir 20 hybrides F₁ ainsi que les réciproques. Les hybrides et les parents ont été élevés suivant la méthode des blocs aléatoires comprenant trois réplicats de 450 oeufs. La technologie d'élevage est celle de Krishnaswami (1978). Les observations concernent le taux de progression vers le quatrième âge, la durée larvaire totale, le taux effectif d'élevage, le poids larvaire maximal, le rendement en cocons (nombre et poids), le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse et la productivité. L'analyse de la capacité combinatoire a été réalisée d'après la méthode 1 (modèle 1) de Griffing (1956) pour les caractères considérés.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de variance pour la capacité combinatoire est donnée dans le tableau I. La variance due à la capacité combinatoire générale, à la capacité combinatoire spécifique et aux différences réciproques est significative pour tous les caractères. Les résultats montrent en outre clairement que les effets des gènes additifs et non additifs sont importants. L'évaluation des composants de la variance génétique δg^2 et δs^2 a été réalisée sur la base de la somme moyenne des carrés estimée due à la capacité combinatoire générale et spécifique. L'amplitude de δg^2 est plus élevée pour le taux de progression vers le quatrième âge, la durée larvaire totale, le taux effectif d'élevage, le poids larvaire maximal, le rendement en cocons (nombre et poids), le poids d'un cocon, le poids d'une coque et la productivité, suggérant l'action d'un gène additif dans le contrôle de ces caractères tandis que l'amplitude de δs^2 est plus élevée pour la richesse soyeuse. Datta et Pershad (1988) ont également mis en évidence l'action d'un gène additif pour la durée larvaire totale chez *Bombyx mori* par analyse de la capacité combinatoire.

Comme dans notre étude, l'action d'un gène additif pour le rendement en cocons a été démontrée chez *Bombyx mori* par analyse de la capacité combinatoire (Datta, 1984). Néanmoins, Pershad et coll. (1986) ont observé à la fois l'action de gènes additifs et celle de gènes non additifs pour ce caractère. D'après Datta (1984), l'action des gènes additifs gouverne la richesse soyeuse chez *B. mori*.

Effets de la capacité combinatoire générale :

Les effets gca des parents sont présentés dans le tableau II. Des effets positifs et significatifs ont été observés pour le taux de progression chez WP et GP tandis que WZ et GZ présentent des effets fortement significatifs et négatifs. GZ, WZ et GS donnent les effets gca négatifs recherchés les plus élevés pour la durée larvaire totale (durée larvaire courte) tandis que les autres parents donnent des résultats médiocres. WP et GS s'avèrent être de bons combineurs pour le taux effectif d'élevage.. WZ et GS se révèlent également bons combineurs pour le poids larvaire maximal. WP, GP et GS sont les meilleurs combineurs pour le rendement en cocons (nombre et poids). GP et GS donnent de meilleurs résultats pour le poids du cocon et tous les parents sont de mauvais combineurs pour la richesse soyeuse. GP est un bon combineur pour la productivité.

Effets de la capacité combinatoire spécifique :

L'examen des effets sca (Tableau III) révèle que le croisement WZ $\times$ GS possède l'effet SCA le plus élevé (0,99), devant GP $\times$ GZ, pour le taux de progression vers le quatrième âge. Pour ce qui concerne la durée larvaire totale, la meilleure combinaison est WP $\times$ GZ, qui donne l'effet sca négatif le plus élevé (-21,69). Le croisement WP $\times$ GP présente un effet sca positif et significatif pour le taux effectif d'élevage tandis que les autres croisements sont soit négativement significatifs, soit positivement non significatifs. Les croisements WP $\times$ GP, WZ $\times$ GP et WZ $\times$ GZ présentent un effet sca significatif et positif pour le poids larvaire maximal. Aucun des croisements ne présente d'effet sca positivement significatif pour le rendement en cocons en fonction du nombre. Pour ce qui concerne le rendement en cocons en fonction du poids, seul WP $\times$ GP présente un effet sca positif significatif. Le croisement WP $\times$ WZ présente un effet sca positif et significatif tandis que les autres croisements donnent des effets négatifs et positivement non significatifs. Les croisements WP $\times$ WZ et GP $\times$ GZ, d'une part, et GP $\times$ GZ, d'autre part, présentent respectivement des effets sca positifs mais significatifs au seuil de 5 % pour la richesse soyeuse et la productivité. Les variances élevées de la capacité combinatoire générale observées pour la plupart des caractères indiquent que des gènes additifs sont impliqués dans la transmission de ces caractères. Cependant, l'estimation de la variance de la capacité combinatoire spécifique est plus élevée que celle de la capacité combinatoire générale pour la richesse soyeuse, ce qui suggère la prédominance des gènes non additifs.

Cette étude montre que la performance intrinsèque des parents ne constitue pas une indication de leur capacité combinatoire. Des observations similaires ont été faites par Petkov et coll. (1984) et par Satenahalli et coll. (1990) chez *B. mori*. La comparaison des effets gca chez les parents indique qu'ils ne donnent de résultats positifs pour aucun des caractères. Cependant, la lignée "blanc uni" (WP) est le meilleur combineur pour le taux de progression vers le quatrième âge, le taux effectif

d'élevage et le rendement en cocons (nombre) tandis que la lignée "vert uni" (GP) a une capacité combinatoire générale élevée pour le rendement en cocon (poids), le poids du cocon, le poids de la coque et la productivité. La lignée "vert zébré" (GZ) est le meilleur combineur pour la durée larvaire totale. Toutes ces observations suggèrent que ces souches présentent une variance des gènes additifs pour ces caractères.

Les parents présentant les effets gca les plus élevés donnent des effets sca positifs pour le taux de progression vers le quatrième âge, la durée larvaire totale, le taux effectif d'élevage, le rendement en cocons (nombre et poids) et la productivité. Il semble que l'utilisation de l'hétérosis pour ces caractères chez les souches considérées ici offre d'excellentes perspectives. Des effets sca négatifs sont enregistrés pour le poids de la coque chaque fois que les meilleurs parents sont impliqués dans le croisement. Il apparaît que cette étude sur la capacité combinatoire chez le ver à soie eri *S.c. ricini* apporte une contribution originale à l'ériculture malgré les nombreux travaux réalisés dans ce domaine pour *B. mori*.

GLUCOSIDE FROM THE TRAVELER'S JOY, *CLEMATIS PENICULATA*, ELICITS BLISTERS ON CULTURED *ANTHERAEA EUCALYPTI* CELLS AND FEEDING INHIBITION TO *BOMBYX MORI*

T. SHIMIZU^{1*}, M. YAZAWA¹ & S. HAYASAKA^{**2}

1. Department of Insect Physiology and Behavior, 2. Department of Sericulture, National Institute of Sericulture and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

Glucoside in the leaves of the traveler's joy, Clematis peniculata, was analyzed by a high performance liquid chromatography (HPLC)-refractive index detector (RID). A single large peak which showed 5.82 min retention time was collected. From a biological assay carried out by adding this collected fraction to cultured cells of Antheraea eucalypti, it was found that this compound(s) elicits blisters on the cells at a concentration of 1,000 ppm 24 hrs after exposure. It was also found that this substance was an antifeedant for Bombyx mori from feeding experiments with a simple artificial diet containing the HPLC fraction.

Keywords: *Bombyx mori*, traveler's joy, *Clematis peniculata*, antifeedant, glucoside, *Antheraea eucalypti*, cultured cell.

INTRODUCTION

It is well known that the leaves and stems of Ranunculaceae contain a water-soluble substance having both antibiotic properties and the property of producing erythema and blistering of the skin (Boas and Steude, 1935; Keding, 1939; Osborn, 1943; Seegal and Holden, 1945). This antibiotic agent was shown to be the lactone, protoanemonin (Asahina and Fujita, 1922; Kipping, 1935; Shaw, 1949). It was subsequently found that when the tissues are crushed, the protoanemonin is liberated enzymically from a glucoside precursor in the plant, this glucoside is called ranunculin (Hill and Heyning, 1951; Benn and Yelland, 1968; Boll, 1968).

During a study of leaf carbohydrates, which may act as feeding stimulants for phytophagous insects in some plants, we have discovered glucoside in the leaves of the traveler's joy, *Clematis peniculata*. Therefore, we investigated (1) whether this glucoside is ranunculin or not and (2) the effect of this compound on cultured cells of *Antheraea* and in a feeding test on *Bombyx mori*.

MATERIALS AND METHODS

Plants and sampling:

The leaves of the traveler's joy, *Clematis paniculata*, were obtained from the field of our Institute. They were lyophilized and 10 g dried powder was extracted with 80% EtOH. After filtration, 50 µl extracts were injected on the column.

* Present address: Zennba 380, Isehara, Kanagawa 259-11, Japan.

** To whom correspondence should be addressed.

Insects:

Larvae of *Bombyx mori* (J 137 × C 146) were reared on an artificial diet (Yakuruto Co., Ltd, Japan) until the final instar, and then a simple artificial diet was offered to newly molted last instar larvae.

High performance liquid chromatography (HPLC):

The chromatograph was operated at 30 °C in the constant flow mode at 1.0 ml/min. The column type was Shim-pack (CLC-NH₂, Shimadzu, Co., Ltd) and was eluted with 70% acetonitrile. A refractive index (RI) detector (ERC-7520, Erma Optical Works, Ltd) was used. Peak areas and retention time were measured using a C-R 1B Chromatopac (Shimadzu, Co., Ltd) (Shimizu *et al.*, 1993). For the estimation of glucoside content, authentic glucose was also injected in the same manner.

Preparation of samples:

The eluted HPLC fraction (Rt: 5.82 min) was collected and dried with a rotary evaporator under vacuum, and finally lyophilized. The dried sample was then divided into three groups: one was mixed with Grace's culture medium for exposure to cultured cells, the second was for the feeding test, and the third was for glucoside hydrolysis with β -glucosidase.

Glucoside hydrolysis with β -glucosidase:

Concentrated and lyophilized samples (7 mg) which were collected from HPLC-RID were dissolved with 0.7 ml hot 1/15 M phosphate buffer solution (pH 7.0), and then divided into two groups each of 0.35 ml. One group was subjected to β -glucosidase treatment and the other was treated as control (see Figure 1). To identify compounds liberated with enzyme treatment, trace glucose powder was added to the same sample used for the analysis of chart 2 in Figure 1. Glucoside hydrolysis was performed using β -glucosidase (Sigma), which liberates glucose from β -bond glucosides. To differentiate between free glucose and estimated glucoside, HPLC-RID was also used (Shimizu *et al.*, 1993).

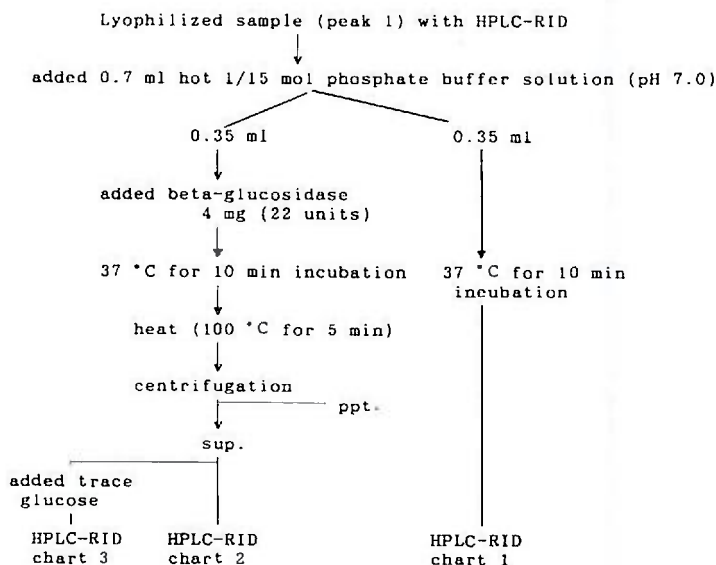


Fig. 1: Treatment of β -glucosidase.

Charts A, B and C in figure are shown in Fig. 3.

Fig. 1 : Traitement avec la β -glucosidase.

Les courbes A, B et C de la figure sont présentées dans la figure 3.

Cultured cells:

The concentrations of compounds in the culture media were prepared at 1,000 and 500 ppm by adding the collected HPLC fraction to modified Grace's medium. The control medium was modified Grace's medium alone. Modified Grace's medium was prepared by adding *Bombyx mori* hemolymph heat-treated for 5 min at 60 °C and 5% FBS (Gibco). The insect cell line derived by Grace from the ovarian tissues of *Antheraea eucalypti* was used (Grace, 1968). Spindle-shaped cells were used. After seeding into each culture vessel, the cells were cultured for 3 days at 26 °C, and then the test compound(s) was introduced into the medium. The culture assay was replicated. Photographs were obtained by a Nikon compound microscope fitted with a Nikon camera photographic system.

Feeding test:

The eluted HPLC fraction was dried with a rotary evaporator and added to an artificial diet which consisted of 1 g agar mixed with 30 ml water containing 10^{-1} M sucrose and 5×10^{-2} M inositol. Added compound(s) to the test diet was prepared at a concentration of 1,000 ppm with agar and water containing the two carbohydrates. Control diet was a plain artificial diet without the test compound(s). The simple artificial diet was offered to newly molted final 5th instar larvae during a 48 hr feeding period, and the result of consumption was revealed by measuring the mean body weight. Three replications of six larvae in each group were used in the feeding test. To gain reliability of the antifeedant nature, we checked the electrophysiological response.

RESULTS

Fractionation by HPLC-RID:

Figure 2 shows the HPLC-RID pattern of samples from *Clematis peniculata*. The large peak 1 which showed a retention time of 5.82 min was collected. Peaks 2, 3 and 4 were fructose, glucose and sucrose respectively. The ratio of peaks 1 to 2 was 2.8, indicating that the amounts of this glucoside were high.

Fig. 2: HPLC elution pattern of glucosides of sample from *Clematis peniculata*.

1: Unknown glucosides.

2: Fructose.

3: Glucose.

4: Sucrose.

Sensitivity range of RID: 16.

This chromatogram is equivalent to a sample prepared from 5 µg dry powder of *C. peniculata* leaves.

Fig. 2 : Modèle d'élution HPLC des glucosides de l'échantillon issu de *Clematis peniculata*.

1 : Glucosides inconnus.

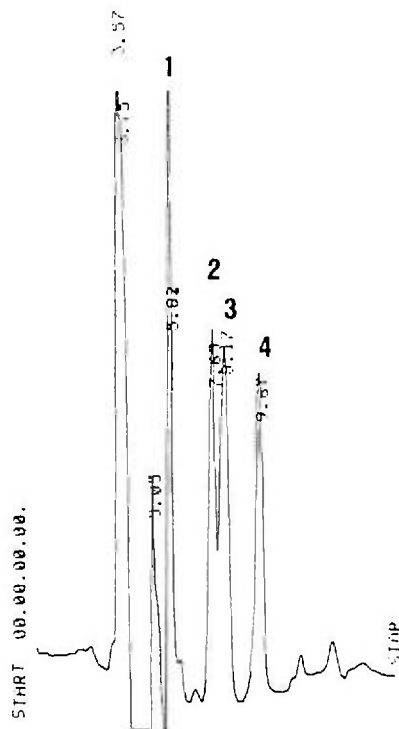
2 : Fructose.

3 : Glucose.

4 : Sucrose.

Echelle de sensibilité du RID : 16.

Ce chromatogramme est équivalent à un échantillon préparé à partir de 5 µg de poudre sèche de feuilles de *C. peniculata*.



Glucoside hydrolysis:

From β -glucosidase hydrolysis of the sample, it was found that it contained glucose, not fructose, with a β -bond structure (Fig. 3).

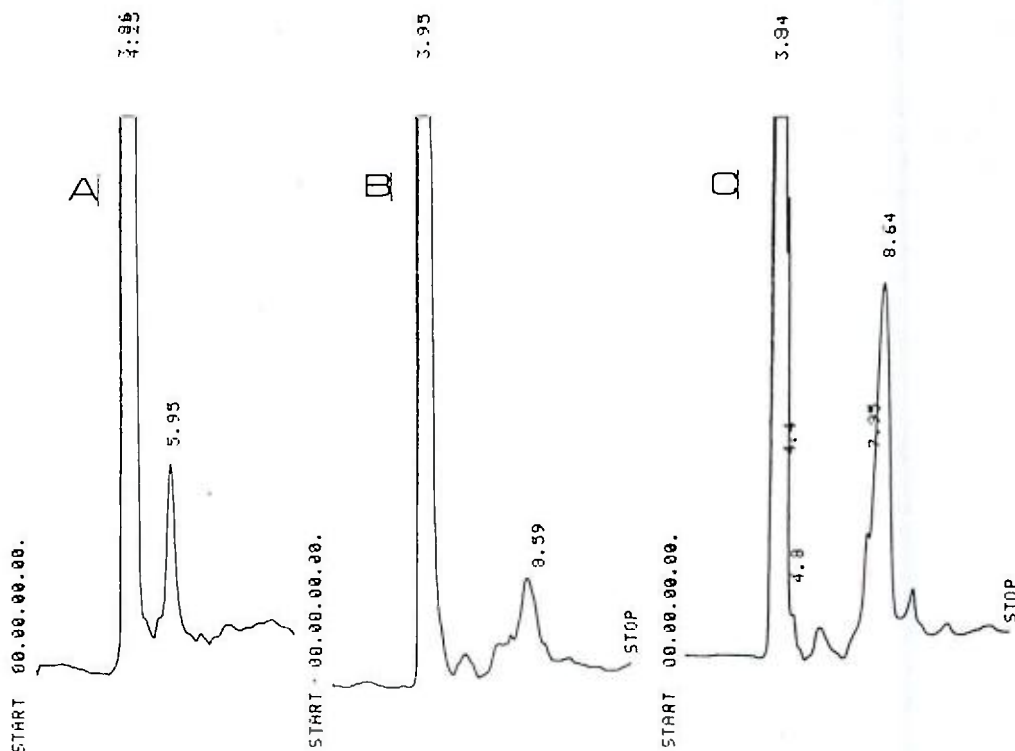


Fig. 3: Chromatograms of HPLC-RID.

A: Rechromatogram of collected sample through HPLC-RID. B: Chromatogram following β -glucosidase treatment of sample of chart A. C: Chromatogram following addition of trace glucose powder into sample of chart B to identify liberated compound with enzyme treatment. For detailed explanations of each chromatogram, see Figure 1.

Fig. 3: Chromatogrammes des HPLC-RID.

A : Rechromatographie de l'échantillon collecté par HPLC-RID. B : Chromatogramme après traitement à la β -glucosidase de l'échantillon de la courbe A. C : Chromatogramme après addition d'une quantité infime de poudre de glucose dans l'échantillon de la courbe B pour identifier le composé libéré par traitement aux enzymes. Les explications détaillées de chaque chromatogramme sont données dans la figure 1.

Effect on cultured cells:

This compound elicited blisters on cultured *A. eucalypti* cells at a concentration of 1,000 ppm 24 hr after exposure (Fig. 4b), while the controls revealed spindle type cells (Fig. 4a). The spindle type cells (Fig. 4a) changed to round type cells (Fig. 4b) several hours after exposure, and finally the

round type cells elicited blisters (Fig. 4b and 5). At a concentration of 500 ppm, no blisters were observed 24 hr after exposure (data not shown).

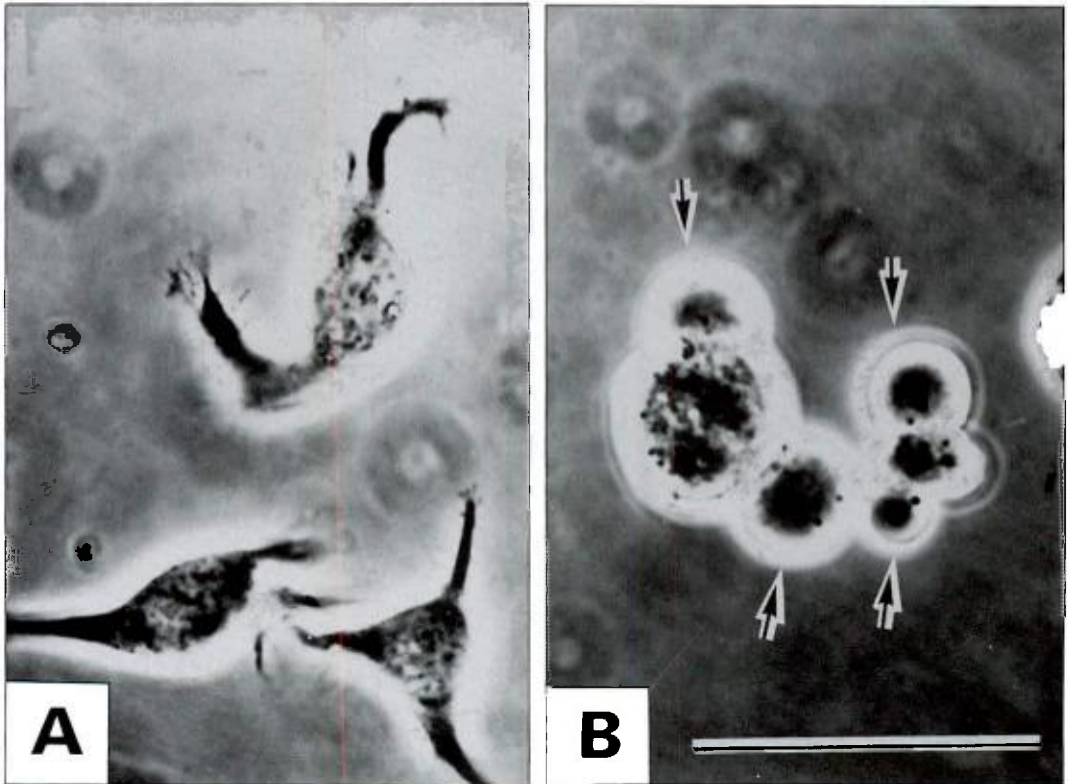


Fig. 4: Cultured cells of *A. eucalypti* following exposure to compound(s) of peak 1 eluted with HPLC-RID.

The spindle-type cells were observed 24 hr after exposure. Arrows indicate blebbing enlarged from the changed round-type cells.

A: Control, Grace's medium alone. **B:** Grace's medium containing peak 1 (1,000 ppm) eluted with HPLC-RID. Scale bar indicates 0.5 μm .

Fig. 4 : Cellules en culture d'*A. eucalypti* après exposition au(x) composé(s) du pic 1 élué par HPLC-RID.

Les cellules de type fuselé apparaissent 24 heures après l'exposition. Les flèches indiquent les boursofflures agrandies à partir des cellules de type arrondi modifiées.

A : Témoin, milieu de Grace seul. **B :** Milieu de Grace contenant le pic 1 (1 000 ppm) élué par HPLC-RID. L'échelle du trait est de 0,5 μm .

Feeding test:

The *Bombyx mori* larvae that consumed control diet gained body weight after 48 hr, while the larvae that consumed the diet containing the sample compound did not gain weight after 48 hr (Fig. 6). This result clearly showed that a sample eluted by HPLC had an antifeedant effect.

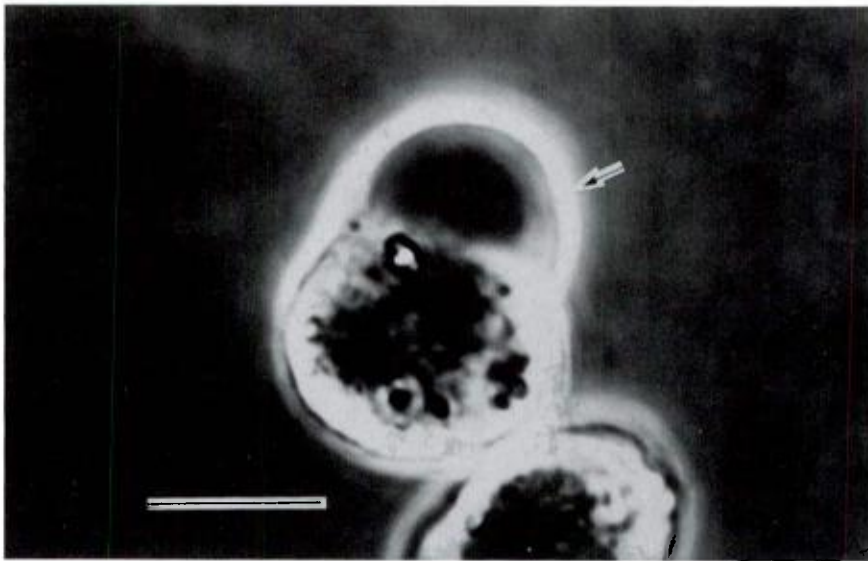


Fig. 5: Enlarged blebbing following exposure to 1,000 ppm compound(s) of peak 1 eluted with HPLC-RID.

Arrow indicates enlarged blebbing. Scale bar indicates 0.5 μm .

Fig. 5 : Boursoufflure agrandie après exposition à 1 000 ppm au(x) composé(s) du pic 1 élué avec HPLC-RID.

La flèche indique la boursoufflure agrandie. L'échelle du trait est de 0,5 μm .

DISCUSSION

Seegel and Holden (1945) have reported that pressed juice or steam distilled from the pressed juice of buttercup (family Ranunculaceae) is a strong antibiotic with a wide range of activity. Furthermore, pressed juice has the property of producing erythema and blistering the skin (Hill and Heyningen, 1951). The biologically active substance is protoanemonin or ranunculin, a glucoside of protoanemonin, which is present in the Ranunculaceae family plants (Hill and Heyningen, 1951). From the ^1H -NMR spectrum of this peak with HPLC, this compound was neither protoanemonin (Shaw, 1946) nor ranunculin (Hill and Heyningen, 1951) from the pattern of NMR spectrum (Shimizu *et al.*, unpublished data). Although neither of these possible compounds were identified from *Clematis peniculata* of the family Ranunculaceae, similar biological responses were observed in the cultured *Antheraea* cells. Further, the spindle-shaped cells, not the round-shaped cells, might be suitable for observation of morphological changes following treatment with chemicals *in vitro*, as shown in the present experiments.

This compound is heat-stable (100 °C for 5 min) and insoluble in absolute EtOH following the rechromatography (unpublished data). The amounts of peak 1 detectable by HPLC-RID in the seed were very low (1/80) as compared with that of the leaves (unpublished data).

Fig. 6: Relative mean body weight (%) of *B. mori* last instar larvae after offering simple artificial diets.

- Change of body weight gained on a plain artificial diet.
- Change of body weight gained on an artificial diet containing sample compound at 1,000 ppm.

The relative mean body weight (%) was calculated by subtracting initial weight from body weight 24 or 48 hr after initiation of the feeding period.

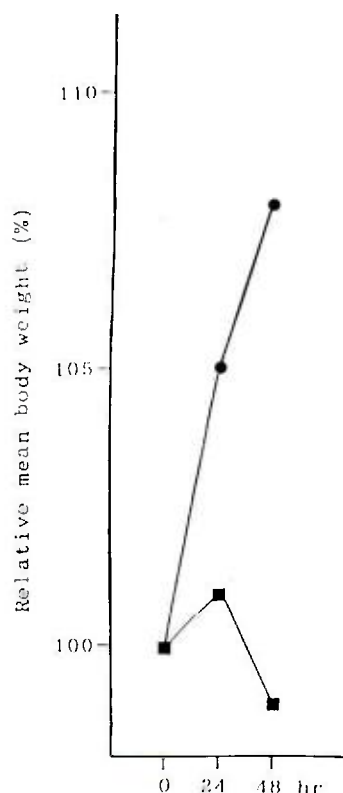
N=6 in each group.

Fig. 6 : Poids moyen relatif (%) des larves de *B. mori* au dernier âge après nourissage avec des aliments artificiels simples.

- Modification du poids des larves nourries avec un aliment artificiel simple.
- Modification du poids des larves nourries avec un aliment artificiel contenant le composé de l'échantillon à 1 000 ppm.

Le poids moyen relatif (%) est calculé en déduisant le poids initial du poids obtenu 24 ou 48 heures après le début de la période de nourissage.

N=6 dans chaque groupe.



From the feeding test, it was shown that this sample is an antifeedant (Fig. 6). In the feeding test, we prepared a very poor artificial diet, lacking most attractant molecules. Therefore, we must next investigate the antifeedant effect in the diet containing attractant molecules. From the electrophysiological investigation, it was found that this glucoside stimulates receptors of sensory R cells, in the medial sensilla styloconica of *Bombyx mori*, which are associated with deterrence (Shimizu *et al.*, unpublished data).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Dr A. Numata, Osaka University of Pharm. Sci., for his help in the NMR analysis.

REFERENCES

- ASAHINA Y., FUJITA A. (1922) Zur Kenntnis des Anemonins. *Acta Phytochim. Japan*, 1, 1-42.
 BENN M.H., YELLAND L.J. (1968) Ranuncin. *Can. J. Chem.*, 46, 729-732.
 BOAS F., STEUDER R. (1935) Über die Wirkung von Anemonin auf Microorganismen. *Biochem. Z.*, 279, 417-423.

- BOLL P.M. (1968) Naturally occurring lactones and lactames. I. The absolute configuration of ranunculin, lichesterinic acid, and some lactones related to lichesterinic acid. *Acta Chem. Scan.*, 22, 3245-3250.
- GRACE T.D.C. (1968) The development of clones from lines of *Antheraea eucalypti* cells grown *in vitro*. *Experimental Cell Res.*, 52, 451-458.
- HILL R., HEYNINGEN R.V. (1951) Ranunculin: The precursor of the vesicant substance of the buttercup. *Biochem. J.*, 49, 332-335.
- KEDING F. (1939) Zur Kenntnis biologischer Wirkungskreislaufe. *Angew. Botan.*, 21, 1-45.
- KIPPING F.B. (1935) The lactone of *r*-hydroxyvinylacrylic acid, protoanemonin. *J. Chem. Soc.*, 1145-1147.
- OSBORN E.M. (1943) On the occurrence of antibacterial substances in green plants. *Brit. J. Exp. Path.*, 24, 227-231.
- SEEGAL B.C., HOLDEN M. (1945) The antibiotic activity of extracts of Ranunculaceae. *Science*, 101, 413-414.
- SHAW E. (1946) A synthesis of protoanemonin: The tautomerism of acetylarlyic acid and of penicillic acid. *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 2510-2513.
- SHIMIZU T., YAZAWA M., HIRAO T., ARAI N. (1993) Responses of maxillary sensilla styloconica in *Bombyx mori* to glucosides from *Osmunda japonica*, a non-host plant. *J. Chem. Ecol.*, 19, 2501-2512.

LES GLUCOSIDES DE LA CLEMATITE *CLEMATIS PENICULATA* PROVOQUENT DES CLOQUES SUR DES CELLULES EN CULTURE D'*ANTHERAEA EUCALYPTI* ET UNE INHIBITION ALIMENTAIRE CHEZ *BOMBYX MORI*

T. SHIMIZU^{1*}, M. YAZAWA¹ & S. HAYASAKA^{2**}

1. Department of Insect Physiology and Behavior, 2. Department of Sericulture, National Institute of Sericulture and Entomological Science, 1-2 Ohwashi, Ibaraki 305, Japon.

Les glucosides des feuilles de la clématite Clematis peniculata ont été analysés par chromatographie liquide à haute performance (HPLC)-détecteur d'indice de réfraction (RID). On a obtenu un seul pic de grande taille présentant un temps de rétention de 5,82 minutes. Le dosage biologique effectué par addition de la fraction ainsi obtenue à des cellules en culture d'Antheraea eucalypti révèle que ce(s) composant(s) provoque(nt) des cloques sur les cellules à la concentration de 1 000 ppm 24 heures après l'exposition. Des tests de nourrissage effectués avec un aliment artificiel simple contenant la fraction HPLC montrent également que cette substance est un antiappétant pour Bombyx mori.

INTRODUCTION

Il est bien établi que les feuilles et les tiges des renonculacées contiennent une substance soluble dans l'eau possédant à la fois des propriétés antibiotiques et la propriété de produire des érythèmes et des cloques sur la peau (Boas et Steude, 1935 ; Keding, 1939 ; Osborn, 1943 ; Seegal et Holden, 1945). Il a été démontré que cet agent antibiotique était la lactone protoanémone (Asahina et Fujita, 1922 ; Kipping, 1935 ; Shaw, 1946). Par la suite, on a découvert que, lorsque les tissus sont broyés, la protoanémone est libérée par action d'une enzyme à partir d'un précurseur glucosidique dans la plante, ce glucoside est dénommé renonculine (Hill et Heynigen, 1951 ; Benn et Yelland, 1968 ; Boll, 1968).

Au cours d'une étude sur les hydrates de carbone des feuilles, qui pourraient être des stimulants pour les insectes phytophages chez certains végétaux, nous avons découvert du glucoside dans les feuilles de la clématite *Clematis peniculata*. Nous avons donc tenté de déterminer (1) si ce glucoside est bien de la renonculine et (2) l'effet de ce composé sur des cellules en culture d'*Antheraea eucalypti* et dans un test de nourrissage chez *Bombyx mori*.

MATERIELS ET METHODES

Plantes et échantillonnage :

Les feuilles de la clématite *Clematis peniculata* proviennent de la plantation de notre Institut. Elles sont lyophilisées et 10 g de poudre séchée sont extraits avec de l'éthanol à 80 %. Après filtration, 50 µl d'extraits sont injectés sur la colonne de chromatographie.

* Adresse actuelle : Zennba 380, Ischawa, Kanagawa 259-11, Japon.

** Auteur à contacter pour toute correspondance.

Insectes :

Les larves de *Bombyx mori* (J 137 × C 146) ont été élevées sur un aliment artificiel (Yakuruto Co., Ltd, Japon) jusqu'au dernier âge puis un aliment artificiel simple a été donné aux larves du dernier âge dès leur sortie de mue.

Chromatographie liquide à haute performance (HPLC) :

La chromatographie est réalisée à 30 °C sous flux constant de 1,0 ml/minute. La colonne est du type Shim-pack (CLC-NH₂, Shimadzu, Co., Ltd) et est éluée avec de l'acétonitrile à 70 %. On a utilisé un détecteur d'indice de réfraction (RI) (ERC-7520, Erma Optical Works, Ltd). Les zones pics et le temps de rétention sont mesurés à l'aide d'un Chromatopac C-R 1B (Shimadzu Co., Ltd) (Shimizu et coll., 1993). Pour l'estimation du contenu en glucosides, du glucose est injecté de la même manière.

Préparation des échantillons :

La fraction HPLC éluée [temps de rétention (R_t) : 5,82 minutes] est prélevée et séchée dans un évaporateur rotatif sous vide puis lyophilisée. L'échantillon séché est ensuite réparti en trois groupes : le premier est mélangé à du milieu de Grace avant exposition aux cellules en culture, le deuxième est destiné au test de nourrissage et le troisième à l'hydrolyse des glucosides par la β -glucosidase.

Hydrolyse des glucosides par la β -glucosidase :

Les échantillons concentrés et lyophilisés (7 mg) obtenus par HPLC-RID sont dissous dans 0,7 ml d'une solution tampon de phosphate à 1/15 M (pH 7,0) puis répartis en deux aliquotes de 0,35 ml. L'un des aliquotes est soumis au traitement à la β -glucosidase et l'autre est utilisé comme témoin (voir la figure 1). Afin d'identifier les composés libérés par le traitement enzymatique, une quantité infime de poudre de glucose est ajoutée à l'échantillon utilisé pour l'analyse de la courbe 2 de la figure 1. L'hydrolyse des glucosides a été réalisée à l'aide de β -glucosidase (Sigma) qui libère le glucose des glucosides β -liés. Une HPLC-RID est également réalisée afin de différencier le glucose libre du glucoside estimé (Shimizu et coll., 1993).

Cellules en culture :

Les concentrations des composés contenus dans les milieux de culture ont été préparées dans le milieu de Grace modifié à 1 000 et 500 ppm par addition de la fraction HPLC obtenue. Le milieu témoin est composé de milieu de Grace seul. Le milieu de Grace modifié est préparé en ajoutant de l'hémolymphe de *Bombyx mori* porté à 60 °C pendant 5 minutes et 5 % de PBS (Gibco). On a utilisé la lignée cellulaire obtenue par Grace à partir de tissus ovariens d'*Antheraea eucalypti* (Grace, 1968) ; les cellules sélectionnées pour cette étude sont des cellules de forme fuselée. Après repiquage dans chaque flacon de culture, les cellules sont cultivées pendant 3 jours à 26 °C et le(s) composé(s) expérimental(aux) est(sont) introduit(s) dans le milieu. Les cultures ont été répétées. Des photographies ont été réalisées avec un microscope composé Nikon pourvu d'un système photographique Nikon.

Test de nourrissage :

La fraction HPLC éluée a été séchée dans un évaporateur rotatif et ajoutée à un aliment artificiel composé de 1 g d'agar mélangé à 30 ml d'eau et contenant 10^{-1} M de sucrose et 5×10^{-2} M d'inositol. Le(s) composé(s) ajouté(s) à l'aliment artificiel est(sont) préparé(s) à la concentration de 1 000 ppm avec de l'agar et de l'eau contenant les deux hydrates de carbone. L'aliment témoin est un aliment artificiel simple sans composé(s) expérimental(aux). L'aliment artificiel simple est donné aux larves du 5e âge pendant 48 heures. Le résultat de la consommation est obtenu par mesure du poids larvaire moyen. Trois réplicats de six larves sont utilisés dans le test de nourrissage. La réponse électrophysiologique est vérifiée afin de confirmer l'antiappétance.

RESULTATS

Fractionnement par HPLC-RID :

La figure 2 donne les courbes HPLC-RID des échantillons de *Clematis peniculata*. Le grand pic 1, qui présente un temps de rétention de 5,82 minutes, est prélevé. Les pics 2, 3 et 4 correspondent respectivement au fructose, au glucose et au sucrose. Le rapport des pics 1 à 2 est de 2,8, ce qui indique que ce glucoside est présent en grandes quantités.

Hydrolyse des glucosides :

L'hydrolyse par la β -glucosidase de l'échantillon révèle que ce dernier contient du glucose, et non du fructose, et qu'il présente une liaison β .

Effet sur les cellules en culture :

Ce(s) composé(s) provoque(nt) des cloques sur les cellules en culture d'*A. eucalypti* à la concentration de 1 000 ppm 24 heures après exposition (Fig. 4b) tandis que les témoins présentent des cellules de type fuselé (Fig. 4a). Les cellules de type fuselé (Fig. 4a) prennent une forme arrondie (Fig. 4b) plusieurs heures après l'exposition, les cellules arrondies provoquant la formation de cloques (Fig. 4b et 5). A la concentration de 500 ppm, on n'observe aucune formation de cloque 24 heures après l'exposition (données non présentées).

Test de nourrissage :

Après 48 heures, on enregistre un gain de poids chez les larves de *Bombyx mori* ayant consommé l'aliment témoin mais pas chez les larves ayant consommé l'aliment artificiel contenant le(s) composé(s) de l'échantillon (Fig. 6). Ce résultat montre clairement qu'un échantillon élué par HPLC a un effet antiappétant.

DISCUSSION

Seegel et Holden (1945) ont observé que le jus pressé ou le distillat de jus de bouton d'or pressé (famille des renonculacées) est un antibiotique puissant dont le spectre d'action est étendu. De plus, le jus pressé a la propriété de provoquer des érythèmes et des cloques sur la peau (Hill et Heyningen, 1951). La substance biologiquement active est la protoanémone, ou renonculine, un glucoside de protoanémone présent chez les végétaux de la famille des renonculacées (Hill et Heyningen, 1951). Les spectres $^1\text{H-NMR}$ du pic obtenu par HPLC (Shimizu et coll., données non publiées) révèlent que ce composé n'est ni la protoanémone (Shaw, 1946), ni la renonculine (Hill et Heyningen, 1951). Bien qu'aucun de ces composés potentiels de la famille des renonculacées n'ait été identifié chez *Clematis peniculata*, des réactions biologiques identiques ont été observées chez les cellules en culture d'*Antheraea*. De plus, les cellules fuselées, et non les cellules arrondies, peuvent être utilisées dans l'observation des modifications morphologiques après traitement *in vitro* avec des substances chimiques, comme le montrent les expériences présentées ici.

Ce composé est résistant à la chaleur (100 °C pendant 5 minutes) et insoluble dans de l'éthanol absolu d'après la rechromatographie (données non publiées). Les quantités du pic 1 détectables par HPLC-RID dans la graine sont très faibles (1/80) par rapport à celles contenues dans les feuilles (données non publiées).

Le test de nourrissage montre que cet échantillon est un antiappétant (Fig. 6). Pour le test de nourrissage, nous avons préparé un aliment artificiel très médiocre auquel manquaient la plupart des molécules appétantes. Nous envisageons donc d'étudier l'effet antiappétant dans un aliment contenant ce type de molécules. Les observations électrophysiologiques ont montré que ce glucoside stimule les récepteurs des cellules sensorielles R, cellules associées à la dissuasion, dans les sensilles styloconiques médianes de *Bombyx mori* (Shimizu et coll., données non publiées).

EFFECT OF SOME GROWTH REGULATORS ON SEED GERMINATION IN THE MULBERRY, *MORUS ALBA*

Z. PETKOV

Sericultural Experiment Station, 24 Mito Orozov Street, Vratza 3000, Bulgaria.

*A study has been carried out on the effects of some growth regulators on the seed germination of the mulberry, **Morus alba**, in the laboratory at a constant temperature of 25 °C. The growth regulators used were gibberellic acid in concentrations of 100 and 500 ppm, indolebutyric acid in a concentration of 100 ppm and humic acid in concentrations of 100 and 1000 ppm, independently or in combination. It was determined that these growth regulators markedly increased seed germination.*

It was recommended to use gibberellin acid in concentrations of 500 ppm, 100 ppm urea and 100 ppm gibberellic acid solution, and potassium humate at a concentration of 100 ppm, respectively, for production of mulberry planting material.

Keywords: Mulberry, *Morus alba*, seed germination, growth regulators, gibberellic acid, indolebutyric acid, humic acid, urea.

INTRODUCTION

One of the methods used for mulberry propagation is by seeding. This method has been utilised in some nurseries in Bulgaria for production of mulberry planting material.

Due to the small size of the mulberry seeds, their germination is highly influenced by soil-climatic conditions, especially in the initial period after sowing. Therefore, soaking seeds in water has been practised for the acceleration of germination.

Published studies concerning the effects of growth regulators on mulberry seed germination deal mostly with some activities of dormant and nondormant mulberry seeds (Das and Mukherjee, 1986; Malafii, 1956; Morohashi and Kusu, 1987) and with effects of gibberellic acid, abscisic acid and phytochrome on seed germination (Sato and Morohashi, 1981; Ohyama and Oka, 1978; Kusu and Morohashi, 1977). The present study has been carried out to test the effect of gibberellic acid, indolebutyric acid, humic acid, and urea on mulberry seed germination and their evaluation for possible use in the production of mulberry planting material.

MATERIALS AND METHODS

The study was carried out using N 24 (female) × N 26 (male) hybrid mulberry seeds during the period of 1990-1992. The experiments were conducted in a thermostatic chamber at a constant temperature of 25 ± 1 °C and 80 ± 5 % relative humidity. The treatments are shown in Table I.

The concentrations of growth regulators were prepared in terms of parts per million.

The mulberry seeds were soaked in water solutions of the respective growth regulators for 6 hr. Each experimental batch consisted of 4 replicates of 100 seeds.

Investigation was conducted up to the 21st day from standard thermostatic chamber.

Table I. Treatments.
Tableau I. Traitements.

Number <i>Numéro</i>	Treatments (in water solution) <i>Traitements (en solution aqueuse)</i>
1	100 ppm GA
2	500 ppm GA
3	100 ppm GA + 1000 ppm U
4	1000 ppm U
5	1000 ppm HA
6	100 ppm HA
7	100 ppm GA + 100 ppm HA
8	100 ppm IBA
9	100 ppm IBA + 100 ppm HA
Control I / <i>Témoin I</i>	Not treated / <i>Non traité</i>
Control II / <i>Témoin II</i>	Water / <i>Eau</i>

GA: Gibberellic acid / *Acide gibberellique*.

U: Urea / *Urée*.

HA: Humic acid / *Acide humique*.

IBA: Indolebutyric acid / *Acide indole-butérique*.

The same kind and number of seeds were used as controls — not soaked in water (Control I) and soaked in water (Control II).

The dynamics of seed germination, energy of germination (germination at 7th day) and total laboratory germination were recorded.

The average calm of the seeds was made by using the following formula (Fedoroff, 1947):

$$ACS = \frac{a1 \times t1 + a2 \times t2 + \dots + an \times tn}{a1 + a2 + \dots + an}$$

where:

ACS: average calm of the seeds (in days)

t1 ... tn: days before the beginning of seed germination

a1 ... an: number of seeds germinated at each time.

The data were computed and analysed for analysis of variance. Seasonal data of 1990-1992 were analysed to observe the year $\times$ treatment interaction.

RESULTS AND DISCUSSION

The data on the average calm of the seeds treated with growth regulators are presented in Table II. Average calm of the seeds reflects the time between the moment of providing necessary conditions and the beginning of seed germination.

The results indicated that the seeds in Treatment 3 showed the fastest initial germination, viz., 6.48 days, which exceeded Control I by 47.24 % and Control II by 4.85 %.

The slowest initial germination (7.68 days) was detected in Treatment 8.

Table II. Average calm of seeds.
Tableau II. Période moyenne de latence des graines.

Treatments	Years			Mean $\bar{X} \pm \bar{S}\bar{X}$	Proved towards	
	1990	1991	1992		Control I	Control II
<i>Traitements</i>	<i>Années</i>			<i>Moyenne</i> $\bar{X} \pm \bar{S}\bar{X}$	<i>Efficacité par rapport au</i>	
	1990	1991	1992		<i>Témoin I</i>	<i>Témoin II</i>
1	6.42	6.68	6.40	6.50 $\pm$ 0.09	***	**
2	6.68	6.53	7.21	6.81 $\pm$ 0.14	***	
3	6.10	6.61	6.72	6.48 $\pm$ 0.12	***	**
4	6.70	6.32	6.60	6.54 $\pm$ 0.11	***	*
5	7.41	6.85	7.64	7.30 $\pm$ 0.23	***	**
6	6.77	6.58	6.90	6.75 $\pm$ 0.09	***	
7	7.49	7.10	7.64	7.41 $\pm$ 0.03	***	**
8	7.56	7.44	8.04	7.68 $\pm$ 0.18		**
9	7.62	7.32	7.80	7.58 $\pm$ 0.14	*	**
Control I / <i>Témoin I</i>	7.49	7.78	8.22	7.83 $\pm$ 0.21		
Control II / <i>Témoin II</i>	6.49	6.51	6.97	6.81 $\pm$ 0.02	***	

CD at 5 % = 0.22, CD at 1 % = 0.30, CD at 0.1 % = 0.40

Analysis of variance / *Analyse de variance.*

Source of variance	Degrees of freedom	Sum of squares	Sum of mean squares	VF	F
<i>Source de variance</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Somme des carrés moyens</i>	<i>VF</i>	<i>F</i>
Year / <i>Année</i>	2	3.903	1.952	8.675	***
Treatment / <i>Traitement</i>	10	32.083	3.208	14.258	***
Year $\times$ treatment / <i>Année $\times$ traitement</i>	20	7.118	0.356	1.582	
Error / <i>Ecart</i>	118	26.571	0.225		

*** $P < 5\%$, ** $P < 1\%$, * $P < 0.1\%$

The data indicated that the seeds in Treatment 3 were the most uniformly germinated with 72.42% energy of germination, which exceeded the controls by 107.63% and 14.35%, followed by Treatment 9 with 69.37% energy of germination.

The influence of growth regulators on the average calm of the seeds was significant. The analysis of variance indicated a significant influence of treatment and year at $P = 0.19$; however, the reliability of treatments is considerably higher. These data were closely connected with the data in Tables II and III, which show the energy of germination and total germination.

Table III. Energy of germination.
Tableau III. Energie de germination.

Treatments	Years			Mean $\bar{X} \pm SX$	Proved towards	
	1990	1991	1992		Control I	Control II
Traitements	Années			Moyenne $\bar{X} \pm SX$	Efficacité par rapport au	
	1990	1991	1992		Témoin I	Témoin II
1	65.33	72.70	64.00	67.34 $\pm$ 3.20	***	*
2	60.00	74.00	61.50	65.17 $\pm$ 4.41	***	
3	78.67	76.60	62.00	72.42 $\pm$ 5.27	***	**
4	60.67	60.70	72.00	64.46 $\pm$ 3.74	***	
5	67.33	43.30	65.50	58.71 $\pm$ 7.75	***	*
6	59.33	69.30	74.00	67.54 $\pm$ 4.35	***	*
7	56.67	66.70	55.00	59.46 $\pm$ 3.63	***	*
8	66.67	62.70	57.50	62.29 $\pm$ 2.66	***	
9	74.00	76.60	57.50	69.37 $\pm$ 5.96	***	**
Control I / Témoin I	26.75	27.40	50.50	34.88 $\pm$ 7.82		
Control II / Témoin II	68.00	56.00	66.00	63.33 $\pm$ 3.74		

CD at 5 % = 3.70, CD at 1 % = 4.98, CD at 0.1 % = 6.60

Analysis of variance / Analyse de variance.

Source of variance	Degrees of freedom	Sum of squares	Sum of mean squares	VF	F
Source de variance	Degrés de liberté	Somme des carrés	Somme des carrés moyens	VF	F
Year / Année	2	2.00	1.00	0.0028	
Treatment / Traitement	10	12234.24	1223.42	34.567	
Year $\times$ treatment / Année $\times$ traitement	20	2052.88	108.592		
Error / Ecart	118	4176.28	35.39		

*** $P < 5\%$, ** $P < 1\%$, * $P < 0.1\%$

When gibberellic acid was used in concentrations of 100 and 500 ppm, independently or in combination with urea and potassium humate, mulberry seed germination was markedly increased. The differences between these treatments and Control I were significant; however, the germination in Treatments 2 and 3 was markedly higher than in Control II.

It was also evident that using humic acid showed a favourable effect on seed germination and that there were significant differences between Treatments 5, 6, 7 and 9 and the two controls. This is very interesting, but difficult to explain.

Table IV. Total mulberry seed germination.
 Tableau IV. Germination totale des graines de mûrier.

Treatments	Years			Mean $\bar{X} \pm SX$	Proved towards	
	1990	1991	1992		Control I	Control II
Traitements	Années			Moyenne $\bar{X} \pm SX$	Efficacité par rapport au	
	1990	1991	1992		Témoin I	Témoin II
1	79.33	84.70	91.50	85.18 $\pm$ 4.38	***	
2	78.67	100.00	96.00	91.56 $\pm$ 5.52	***	***
3	91.33	100.00	96.50	95.84 $\pm$ 2.58	***	***
4	60.67	91.30	94.00	81.99 $\pm$ 8.69	***	
5	80.00	70.00	93.00	81.00 $\pm$ 6.66	***	
6	90.00	100.00	94.50	94.83 $\pm$ 2.95	***	***
7	79.33	84.70	96.00	86.68 $\pm$ 4.88	***	
8	84.67	86.00	93.00	87.72 $\pm$ 4.65	***	*
9	90.67	100.00	86.50	92.39 $\pm$ 3.99	***	***
Control I / Témoin I	50.00	49.00	72.00	57.00 $\pm$ 7.51		
Control II / Témoin II	84.00	76.70	89.00	83.23 $\pm$ 3.72	***	

CD at 5 % = 4.27, CD at 1 % = 5.75, CD at 0.1 % = 7.62

Analysis of variance / Analyse de variance.

Source of variance	Degrees of freedom	Sum of squares	Sum of mean squares	VF	F
Source de variance	Degrés de liberté	Somme des carrés	Somme des carrés moyens	VF	F
Year / Année	2	2431.32	1215.66	11.08	***
Treatment / Traitement	10	13280.43	1328.04	12.11	***
Year $\times$ treatment / Année $\times$ traitement	20	4908.07	245.40	2.24	
Error / Ecart	118	12945.80	109.71		

*** $P < 5\%$, ** $P < 1\%$, * $P < 0.1\%$

Our results confirmed reports by Kuso and Morohashi (1977) that growth regulators such as gibberellic acid markedly increased mulberry seed germination.

Because soaked mulberry seeds were being sowed in the field, the differences obtained between the various treatments and Control II were of interest.

The analysis of variance revealed that the energy of germination significantly depended on treatment and on treatment $\times$ year interaction. The total seed germination significantly depended on both treatment and year. The highest total seed germination was obtained in the seeds treated with 100 ppm gibberellic acid and 1000 ppm urea solution, humic acid at a concentration of 100 ppm,

100 ppm humic acid and 100 ppm indolebutyric acid solution and 500 ppm gibberellic acid, where germination exceeded the values of Control II by 12.72%, 11.60%, 9.46% and 8.33%, respectively. These growth regulator solutions have been recommended for production of mulberry planting material in the field.

REFERENCES

- DAS B., MUKHERJEE F. (1986) Promotion activities of dormant and nondormant mulberry seeds. *Geobios*, 13(6), 272-273.
- FEDOROFF A. (1947) *Moriculture*. Moscow, 347 p.
- KUSU S., MOROHASHI Y. (1977) Effects of high temperature treatment on the germination of mulberry seeds. *J. Sericult. Sci. Japan*, 46(3), 138-143.
- MALAFII U. (1956) On fresh mulberry seed germination. *Agrobiology*, 102, 6-12.
- MOROHASHI Y., KUSU S. (1987) Respiratory activities of dormant and non-dormant mulberry seeds. *J. Sericult. Sci. Japan*, 56(2), 173-177.
- OHYAMA K., OKA S. (1978) Effect of abscisic acid on germination of mulberry seeds. *J. Sericult. Sci. Japan*, 47(1), 12-17.
- SATO H., MOROHASHI Y. (1981) Actions of phytochrome acid and low temperature on mulberry seeds. *J. Sericult. Sci. Japan*, 50(4), 415-422.

EFFET DE CERTAINS REGULATEURS DE CROISSANCE SUR LA GERMINATION DES GRAINES CHEZ LE MURIER *MORUS ALBA*

Z. PETKOV

Sericultural Experiment Station, 24 Mito Orozov Street, Vratza 3000, Bulgarie.

Les effets de certains régulateurs de croissance sur la germination des graines du mûrier Morus alba ont été étudiés en laboratoire à température constante de 25 °C. Les régulateurs de croissance utilisés sont l'acide gibberellique aux concentrations de 100 et 500 ppm, l'acide indole-butyrique à la concentration de 100 ppm et l'acide humique aux concentrations de 100 et 1000 ppm, soit indépendamment, soit en combinaison. On a déterminé que ces régulateurs de croissance augmentaient fortement la germination des graines.

On recommande d'utiliser l'acide gibberellique aux concentrations de 500 ppm, une solution composée d'urée à 100 ppm et d'acide gibberellique à 100 ppm et l'humate de potassium à la concentration de 100 ppm pour la production de mûriers à planter.

INTRODUCTION

L'une des méthodes utilisées pour la reproduction du mûrier est le semis. Cette méthode est utilisée dans certaines pépinières de Bulgarie pour la production de matériels de plantation du mûrier.

En raison de la petite taille des graines de mûrier, leur germination est fortement influencée par les conditions climatiques et pédologiques, particulièrement au stade initial après les semailles. Il est donc courant de tremper les graines dans l'eau afin d'accélérer la germination.

Les travaux concernant les effets des régulateurs de croissance sur la germination des graines de mûrier traitent principalement de certaines activités des graines de mûriers dormantes et non dormantes (Das et Mukherjee, 1986 ; Malafii, 1956 ; Morohashi et Kusu, 1987) et des effets de l'acide gibberellique, de l'acide abscisique et de la phytochrome (Sato et Morohashi, 1981 ; Ohyama et Oka, 1978 ; Kusu et Morohashi, 1977). Cette étude a été réalisée afin de tester l'effet de l'acide gibberellique, de l'acide indole-butyrique, de l'acide humique et de l'urée sur la germination des graines de mûrier et d'évaluer leurs possibilités d'utilisation dans la production de plants.

MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée sur des graines de mûrier hybride N 24 (femelle) × N 26 (mâle) de 1990 à 1992. Les expériences ont été réalisées dans une chambre à température régulée par thermostat à la température constante de 25 ± 1 °C et 80 ± 5 % d'humidité relative. Les traitements sont présentés dans les tableaux I et II.

Les concentrations des régulateurs de croissances ont été préparées en parties par million.

Les graines de mûriers ont été trempées pendant 6 heures dans des solutions aqueuses contenant les régulateurs de croissance respectifs. Chaque lot expérimental est composé de 4 réplicats de 100 graines.

L'étude a été réalisée jusqu'au 21^e jour dans la chambre thermorégulée standard.

Des graines de même taille et de même type ont été utilisées comme témoins répartis en deux groupes ; témoin I : graines non traitées, témoin II : graines trempées dans l'eau.

La dynamique de la germination des graines, l'énergie de germination (germination au 7e jour) et la germination totale en laboratoire ont été enregistrées.

La latence moyenne des graines a été déterminée d'après la formule suivante (Fedoroff, 1947) :

$$ACS = \frac{a1 \times t1 + a2 \times t2 + \dots an \times tn}{a1 + a2 + \dots an}$$

où :

ACS = latence moyenne des graines (en jours)

t1 ... tn : nombre de jours avant le début de germination des graines,

a1 ... an : nombre de graines germées à chaque fois.

Les données ont été enregistrées et soumises à une analyse de variance. Les données saisonnières de 1990 à 1992 ont été analysées afin d'observer l'interaction année × traitement.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur la quiescence moyenne des graines traitées avec des régulateurs de croissance sont présentées dans le tableau II. La quiescence moyenne des graines reflète le délai entre le moment de mise en place des conditions requises et le début de la germination des graines.

Les résultats indiquent que les graines du traitement 3 présentent la germination initiale la plus rapide, en 6,48 jours, soit une augmentation de 47,24 % par rapport au témoin I et de 4,85 % par rapport au témoin II.

La germination initiale la plus lente (7,68 jours) est détectée chez le traitement 8.

Les données indiquent que les graines du traitement 3 donnent la germination la plus uniforme avec une énergie de germination de 72,42 %, soit une augmentation de 107,63 % et de 14,35 % par rapport aux témoins, devant le traitement 9 qui donne une énergie de germination de 69,37 %.

L'influence des régulateurs de croissance sur la latence moyenne des graines est significative. L'analyse de variance fait apparaître une influence significative du traitement et de l'année à $P = 0,19$. Cependant, la fiabilité des traitements est nettement plus élevée. Ces données sont étroitement liées aux données des tableaux II et III qui présentent l'énergie de germination et la germination totale.

La germination des graines augmente de manière significative lorsque l'acide gibberellique est utilisé aux concentrations de 100 et 500 ppm soit seul, soit en combinaison avec l'urée et l'humate de potassium. Les différences entre ces traitements et le témoin I sont significatives ; cependant, la germination obtenue avec les traitements 1 et 2 est nettement supérieure à celle du témoin II.

Il est également évident que l'acide humique a un effet favorable sur la germination des graines et qu'il y a des différences significatives entre les traitements 5, 6, 7 et 9 et les deux témoins. C'est un point très intéressant mais difficile à élucider.

Nos résultats confirment les travaux de Kuso et Morohashi (1977) qui ont observé que les régulateurs de croissance comme l'acide gibberellique entraînaient une augmentation marquée de la germination des graines de mûrier.

Les graines de mûrier trempées ayant été semées sur le terrain, les différences obtenues entre les divers traitements et le témoin II sont intéressantes.

L'analyse de variance révèle que l'énergie de germination est étroitement liée au traitement et à l'interaction traitement × année. La germination totale des graines est étroitement liée à la fois au traitement et à l'année. On obtient la germination maximale totale chez les graines traitées avec une solution composée de 100 ppm d'acide gibberellique et de 100 ppm d'urée, avec de l'acide humique à la concentration de 100 ppm, avec une solution composée de 100 ppm acide humique et de 100 ppm d'acide indole-butyrique et avec 500 ppm d'acide gibberellique, pour lesquelles la germination dépasse les valeurs obtenues chez le témoin II de 12,72 %, 11,60 %, 9,46 % et 8,33 %, respectivement. On recommande d'utiliser ces solutions de régulateurs de croissance pour la production de matériels de plantation de mûrier sur le terrain.

CONTROL OF THE WHITE POWDERY MILDEW, *PHYLLACTINIA CORYLEA* (PERS) KARST, WITH THE LADYBIRD BEETLE, *ILLEIS INDICA* TIMB. (COCCINELLIDAE: COLEOPTERA)

S.S. BHATTACHARJEE, N. CHAKRABORTY, C.A. KUMAR & A.K. SAHAKUNDU

Entomology Section, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101,
West Bengal, India.

The fungivorous insect, Illeis indica Timb., associated with powdery mildew affected mulberry leaves in the fields, was studied with reference to the efficacy of its adults and grubs as a natural enemy for biological control of white powdery mildew disease in mulberry. The rate of consumption of mycelia by the adults and grubs was studied and it was observed that adults were more voracious eaters than grubs. The mildew-cleared leaves and normal leaves were equally accepted by the silkworm, Bombyx mori. Performance of silkworms reared on mulberry leaves recovered from mildew by the predator was at par with that of silkworms reared on healthy leaves. No regeneration of mycelia was observed on the recovered leaves till the 3rd day after consumption of mycelia by I. indica.

Keywords: *Illeis indica*, biological control, powdery mildew, mulberry, *Bombyx mori*.

INTRODUCTION

Powdery mildew is a common fungal disease of mulberry leaves caused by *Phyllactinia corylea* (Pers) Karts. It is prevalent during the winter months, i.e., from November to February, reducing both quantity and quality of mulberry leaf production. The symptom at the initial stage of infection appears as a powdery mycelial growth on the undersurface of the mature and overmature leaves in small patches. As the disease advances, the entire lower surface of the leaves is covered with the patches which makes the leaves yellowish brown, coarser and leathery, reducing the protein (Anonymous, 1969), total sugar, reducing sugar, starch and total carbohydrate contents (Noamani *et al.*, 1970). Poor performance of silkworm rearing, like prolongation of the larval period, poor cocoon crop and deterioration of cocoon characters were reported when feeding the worms with mildew-affected leaves (Suryanarayan and Ganesh, 1969; Noamani *et al.*, 1970). Although a number of fungicides were suggested for the chemical control of mildew (Iyengar, 1975; Siddaramaiah *et al.*, 1978; Anonymous, 1991) and two hypomycetous hyperparasitic fungi of *P. corylea* were reported by Rao and Sallia (1981), no attempt has yet been made to control the disease through fungivorous insects as a biological control. Kapur (1966) reported that 'the species of the genus *Illeis* like other genera of the tribe Philloborini, feed on mildew and other fungi attacking the leaves, etc., of green plants'. The natural enemy of powdery mildew is the yellow beetle which devours the mycelia and conidia of powdery mildew (Anonymous, 1972). Assessment of the devouring capacity of *I. indica* on mildew was carried out in the present study aiming at the utilization of this coccinellid species as an agent for biological control of powdery mildew disease and replacement of the fungicides used as a chemical control which leave the risk of residual effects on silkworms and human hazards.

MATERIALS AND METHODS

Mulberry twigs containing mildew-infected leaves and adults and grubs of the yellow beetle, *Illeis indica*, were collected from the mulberry fields of the Central Sericultural Research and Training Institute, Behrampur, West Bengal (India). Keeping the petiole of each of the infected leaves in the middle, the stem was cut on either side with a sharp knife at 1 inch distance from the node. Both cut ends were plugged with wet cotton swabs. The extent of the infection was determined according to a scale of 1 to 7, as per Krishna *et al.* (1987) as follows:

Rating 0, free,
 Rating 1, traces of mildew specks,
 Rating 2, 1-10 % leaf area covered,
 Rating 3, 11-20 % leaf area covered,
 Rating 4, 21-30 % leaf area covered,
 Rating 5, 31-50 % leaf area covered,
 Rating 6, 51-75 % leaf area covered,
 Rating 7, 76-100 % leaf area covered.

Three replications were taken for each rating of infection with one leaf in each replication which was provided with an adult and a grub separately and kept in a covered Petri dish (153 × 17 mm / 149 × 20 mm). A constant watch was undertaken to maintain succulancy of the leaves by providing water to the cotton swabs from time to time. Observation was made on the feeding efficiency of *I. indica* at every 12 hours' interval till the mycelia of the respective ratings of infection were cleared off. The predators were then taken out while the leaves were left in the Petri dishes under the same conditions for three days to observe redevelopment of mildew on the leaves if any. The rate of consumption of mildew patches by an adult beetle and a grub was calculated by the following formula:

$$\text{Consumption rate (cm}^2 \text{ / hr)} = \frac{\text{average leaf area} \times \text{rating value} \times \text{mycelia consumed (\%)}}{\text{time in hours}} \times 100$$

After consumption of mildew by *I. indica*, the leaves of the respective ratings were offered to 5th instar silkworm larvae during their entire feeding period, i.e. from the 1st of the 5th instar till spinning with 4 feedings per day at 6 hr intervals for preliminary studies on the preference of the mildew-cleared off leaves by the silkworm and larvae and compared with the healthy as well as diseased leaves, which served as two sets of control. The treated batches and the controls were reared under identical temperature and humidity conditions. Data on consumption of the leaves after 4 hours of feeding, rearing performance and cocoon characters were collected with regard to the treated and control sets.

RESULTS AND DISCUSSION

In the mulberry fields, an association of mildew-infected leaves and beetles and grubs of *Illeis indica* was observed on the ventral side of the mature and overmature leaves, i.e., from the top 8th leaf to the bottom leaf of a plant.

The per cent consumption of mycelial area by an adult beetle and a grub is presented in Tables I and II, respectively. The data revealed that an adult could completely consume the mycelial growth in 1-3 ratings of infection in 24 hours, 4-5 ratings in 36 to 48 hours and 6-7 ratings in 60-72 hours (Table I), while a grub could clear off the mycelia of the ratings 1-3 in 60 hours, rating 3 in 72 hours, ratings 4-5 in 84 hours and ratings 6-7 in 108 hours (Table II). The rate of consumption of mycelial area by an adult and a grub was measured in cm² per hour and is presented in Tables III and IV, respectively. Voracity was found to be always more in adults than in grubs and directly proportional to the intensity of infection in both cases.

Table I. Consumption of mycelial area (%) by an adult of *Illeis indica*.Tableau I. Consommation de surface mycélienne (%) par un adulte d'*Illeis indica*.

Rating of mildew infection	Area of mycelium (%) consumed at different hours					
	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr
Degré d'infestation par l'oidium	Surface mycélienne (%) consommée à différentes heures					
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
1	77.78	100.00				
2	72.22	100.00				
3	70.00	100.00				
4	55.56	97.78	100.00			
5	40.56	63.89	88.89	100.00		
6	27.78	56.67	72.78	82.22	100.00	
7	21.11	43.33	63.33	78.89	91.11	100.00
CD at 5%	5.01	5.45	16.38	16.57	19.01	11.94

Table II. Consumption of mycelial area (%) by a grub of *Illeis indica*.Tableau II. Consommation de surface mycélienne (%) par une larve d'*Illeis indica*.

Rating of mildew infection	Area of mycelium (%) consumed at different hours								
	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	84 hr	96 hr	108 hr
Degré d'infestation par l'oidium	Surface mycélienne (%) consommée à différentes heures								
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h
1	36.67	47.78	64.44	97.78	100.00				
2	29.44	40.00	58.89	75.56	100.00				
3	24.44	36.11	51.11	65.00	83.89	100.00			
4	21.11	32.22	42.22	54.44	72.79	94.44	100.00		
5	19.44	32.22	42.22	53.33	65.00	82.22	100.00		
6	12.78	21.67	33.33	42.78	57.78	64.44	84.44	97.78	100.00
7	10.56	20.56	31.67	41.11	51.11	61.67	74.44	85.56	100.00
CD at 5%	3.71	4.70	4.18	4.04	16.26	12.11	19.25	2.34	0.0

Table III. Rate of consumption of mycelial area (cm^2/hr) by an adult beetle of *Illeis indica*.Tableau III. Vitesse de consommation de surface mycélienne (cm^2/h) par un adulte d'*Illeis indica*.

Rating of mildew infection	Rate of consumption (cm^2/hr) at different hours					
	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr
Degré d'infestation par l'oïdium	Vitesse de consommation (cm^2/h) à différentes heures					
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
1	0.058	0.040				
2	0.257	0.180				
3	0.748	0.530				
4	0.990	0.870	0.131			
5	1.153	0.906	0.841	0.631		
6	1.241	1.267	1.034	0.917	0.494	
7	1.284	1.354	1.320	1.232	1.142	0.924
CD at 5%	0.11	0.13	0.12	0.15	0.28	0.20

Table IV. Rate of consumption of mycelial area (cm^2/hr) by a grub of *Illeis indica*.Tableau IV. Vitesse de consommation de surface mycélienne (cm^2/h) par une larve d'*Illeis indica*.

Rating of mildew infection	Rate of consumption (cm^2/hr) at different hours								
	12 hr	24 hr	36 hr	48 hr	60 hr	72 hr	84 hr	96 hr	108 hr
Degré d'infestation par l'oïdium	Vitesse de consommation (cm^2/h) à différentes heures								
	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h
1	0.027	0.018	0.014	0.018	0.002				
2	0.099	0.070	0.069	0.066	0.070				
3	0.259	0.192	0.182	0.174	0.178	0.180			
4	0.378	0.288	0.253	0.242	0.258	0.273	0.139		
5	0.554	0.461	0.400	0.377	0.370	0.390	0.410		
6	0.572	0.487	0.499	0.480	0.477	0.478	0.541	0.547	0.111
7	0.664	0.647	0.652	0.646	0.642	0.646	0.666	0.668	0.690
CD at 5%	0.08	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.06	0.04	0.17

Table V. Effect of feeding silkworms with the mulberry leaves recovered from mildew.

Tableau V. Effet du nourrissage des vers à soie avec des feuilles de mûrier guéries de l'oidium.

Rating of mildew infection	Leaf supplied to silkworms	5th instar duration (days)	Feeding period for each type of leaves (days)	Area of leaf consumed (%)	Single shell weight (g)	Single cocoon weight (g)	Silk ratio (%)
<i>Degré d'infestation par l'oidium</i>	<i>Feuille donnée aux larves</i>	<i>Durée du 5e âge (jours)</i>	<i>Durée du nourrissage pour chaque type de feuilles (jours)</i>	<i>Surface foliaire consommée (%)</i>	<i>Poids d'un cocon (g)</i>	<i>Poids d'une coque (g)</i>	<i>Richesse soyeuse (%)</i>
1	TC	6	6	100	0.081	0.706	11.47
	a) Infected / <i>Infestée</i>	6	6	100	0.073	0.647	11.28
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.080	0.684	11.69
2	TC	6	6	100	0.078	0.675	11.55
	a) Infected / <i>Infestée</i>	6	6	90	0.074	0.666	11.11
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.077	0.674	11.42
3	TC	6	6	100	0.081	0.679	11.93
	a) Infected / <i>Infestée</i>	6	6	90	0.075	0.671	11.17
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.079	0.684	11.55
4	TC	6	6	100	0.078	0.675	11.55
	a) Infected / <i>Infestée</i>	7	7	80	0.070	0.637	10.99
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.080	0.678	11.80
5	TC	6	6	100	0.083	0.696	11.93
	a) Infected / <i>Infestée</i>	7	7	80	0.073	0.654	11.16
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.082	0.696	11.78
6	TC	6	6	100	0.082	0.705	11.63
	a) Infected / <i>Infestée</i>	7	7	60	0.076	0.695	10.93
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.083	0.702	11.82
7	TC	6	6	100	0.077	0.674	11.42
	a) Infected / <i>Infestée</i>	7	7	50	0.071	0.665	10.68
	b) Healthy / <i>Saine</i>	6	6	100	0.078	0.679	11.49
CD at 5%		0.35	0.35	11.49	0.01	0.02	0.21

TC: Treated control / *Témoin traité.*

The low rate of consumption in the lower ratings might be due to the fact that there were small patches of mycelial growth scattered on the leaves. After finishing one mycelial patch both adults and grubs required quite some time for searching another patch, while in the higher ratings there was a continuity of mycelial growth among the patches that made it easier for the predators to clear off all the mycelial patches on a leaf uninterruptedly. Therefore, the predator could eat away more area of powdery mildew per unit time period in the higher ratings of infection.

It was observed under binocular lenses that their feeding mechanism was always a forwarding process. They initially reached the periphery of any of the mycelial patches and started eating mycelia by a clipping movement of the mandibles and proceeded forward, turning their head left and right. Having been cleared off the mildew patches by the insect, no trace of mycelium was found left over on those areas and the ventral surface of the leaves looked as clear as the disease-free leaves.

Both adults and grubs were found to prefer young and fresh mycelia to older and dirty ones.

It was observed that no regeneration of mycelia was observed till the 3rd day after clearing off of mycelia from the diseased leaves by *I. indica*. A detailed study in this regard is yet to be made.

A preliminary study was carried out on the preference of mildew-cleared mulberry leaves in the silkworms (Table V) and revealed that both treated and healthy control leaves were equally chosen and 100 % consumed by the worms. Silkworm rearing performance in respect of duration of 5th instar, single cocoon weight, single shell weight and silk ratio did not show any significant difference between the treated and the healthy control sets.

On the other hand, the infected leaves having 4-7 ratings of infection were less accepted by the worms and their acceptance was inversely proportional to the rate of mildew infection. Rearing performance in respect of the above-mentioned characters was always inferior. Moreover, the larval period during the 5th instar was extended by one day. These observations were well in agreement with those made by Noamani *et al.* (1970) and Sullia and Padma (1987).

The fungivorous nature of *I. indica* feeding on mycelia and conidia of powdery mildew by Kapur (1966) was confirmed by our observations. Our present findings on the control of mildew by the natural enemy, acceptance of the treated leaves by the silkworms and rearing performance with the treated leaves could be evaluated for proper utilization of *I. indica* as a tool for biological control of powdery mildew disease of mulberry leaves, although studies on reproduction, persistence and harmlessness of the natural enemy or on the effect in field tests are necessary.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to the Director, CSR&TI, Berhampore, for providing laboratory facilities and to Mr S.K. Sen, Joint Director, for encouragement and suggestions. Authors also acknowledge the assistance provided by Dr S. Biswas, Senior Research Officer, and Mr Indrajit Ray, Library Assistant, during the course of study and preparation of the manuscript.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1969) Annual administration and scientific report. Central Sericultural Research and Training Institute, Mysore, India.
- ANONYMOUS (1972) Handbook of silkworm rearing. Agricultural technique manual 1. Fuji Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan, pp. 77-78.
- ANONYMOUS (1991) Annual administration and scientific report. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India.
- IYENGAR M.N.S. (1975) Effect of feeding mulberry leaves sprayed with morestan on the survival and growth of silkworms, *Bombyx mori*. Indian J. Seric., 14, 1-5.
- KAPUR A.P. (1966) The Coccinellidae (Coleoptera) of the Andamans. Proc. Nat. Inst. Sci. India, 32(B) 3 and 4, p. 180.
- KRISHNA A., MISHRA S.P., SINGH H. (1987) Thickness of cuticle and epidermis in relation to slow powdery mildewing in pea. Indian Phytopath., 40(2), 218-221.

- NOAMANI K.R., MUKHERJEE P.K., KRISHNASWAMI S. (1970) Studies on the effect of feeding multivoltine silworm (*B. mori*) larvae with mildew affected mulberry leaves. Indian J. Seric., 9(1), 49-52.
- RAO S.S., SULLIA S.B. (1981) A hyperparasite of *Phyllactinia corylea*, the powdery mildew of mulberry. Current Sci., 50(17), 769.
- SIDDARAMAIAH A.L., KRISHNA PRASAD K.S., PADANAGUR G.M. (1978) Field evaluation of fungicides in the control of mulberry powdery mildew. Indian J. Seric., 17, 31-41.
- SULLIA S.B., PADMA S.D. (1987) Acceptance of mildew affected mulberry leaves by silkworm (*B. mori* L.) and its effects on cocoon characteristics. Sericologia, 27(4), 693-696.
- SURYANARAYAN S.K., GANESH N.K. (1969) Preliminary observations on the effect of feeding silkworms with mildew affected leaves. Silkworm Information Bull., 1(1), 62-67.

LUTTE CONTRE L'OIDIUM BLANC *PHYLLACTINIA CORYLEA* (PERS) KARST PAR LA COCCINELLE *ILLEIS INDICA* TIMB. (COCCINELLIDAE : COLEOPTERA)

S.S. BHATTACHARJEE, N. CHAKRABORTY, C.A. KUMAR & A.K. SAHAKUNDU

Entomology Section, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore - 742 101, West Bengal, Inde.

On a étudié l'efficacité de la lutte biologique contre l'oïdium blanc du mûrier par association des feuilles de mûrier infestées avec les adultes et les larves d'Illeis indica Timb, insecte fongivore et prédateur naturel de l'oïdium blanc. Après étude de la vitesse de consommation des mycéliums par les adultes et les larves, il apparaît que les adultes sont plus voraces que les larves. Les feuilles débarrassées de l'oïdium et les feuilles normales sont acceptées indifféremment par le ver à soie Bombyx mori. La performance d'élevage des vers à soie nourris avec des feuilles assainies par le prédateur est comparable à celle obtenue avec des feuilles saines. On n'observe aucune régénération des mycéliums sur les feuilles assainies jusqu'au troisième jour après la consommation des mycéliums par I. indica.

INTRODUCTION

L'oïdium, causé par *Phyllactinia corylea* (Pers), est une maladie fongique courante des feuilles de mûrier. Il apparaît principalement au cours des mois d'hiver, de novembre à février, et entraîne une diminution de la quantité et de la qualité de la production de feuilles. Au stade initial, le symptôme se manifeste sous la forme d'excroissances mycéliennes poudreuses en plaques sur la surface inférieure des feuilles matures et sénescentes. A mesure que la maladie progresse, les plaques recouvrent la totalité de la surface inférieure des feuilles, leur donnant une couleur marron jaunâtre et une texture rugueuse et entraînant une réduction des contenus en protéines (Anonyme, 1969), en sucres totaux, en sucres réducteurs, en amidon et en hydrates de carbone totaux (Noamani et coll., 1970). Le nourrissage des vers à soie avec des feuilles infestées par l'oïdium se traduit par une performance d'élevage médiocre avec une prolongation du stade larvaire, une faible récolte de cocons et une détérioration des caractères du cocon (Suryanarayan et Ganesh, 1969 ; Noamani et coll., 1970). Bien qu'un certain nombre de fongicides aient été proposés pour la lutte chimique contre l'oïdium (Iyengar, 1975 ; Siddaramaiah et coll., 1978 ; Anonyme, 1991) et que deux champignons hypomycètes hyperparasites de *P. corylea* aient été découverts par Rao et Sallia (1981), aucune tentative de lutte biologique contre cette maladie par l'utilisation d'insectes fongivores n'a encore été réalisée. Kapur (1966) a observé que "les espèces du genre *Illeis*, comme d'autres genres de la tribu Phylloborini, se nourrissent d'oïdium et d'autres champignons infestant les feuilles et autres organes des plantes herbacées". Le prédateur naturel de l'oïdium est le coléoptère jaune qui détruit les mycéliums et les conidies de l'oïdium (Anonyme, 1972). L'évaluation de la capacité de destruction d'*I. indica* sur l'oïdium réalisée dans cette étude a pour but l'utilisation de ce coccinellidé comme agent de lutte biologique contre la maladie de l'oïdium et le remplacement des fongicides utilisés comme moyens de lutte chimique, ces derniers présentant des risques d'effets résiduels sur les vers à soie et sur les humains.

MATERIELS ET METHODES

Des branches de mûrier comportant des feuilles infestées par l'oïdium et des adultes et des larves du coléoptère jaune *Illeis indica* ont été prélevées dans les mûraies du Central Sericultural Research and Training Institute de Berhampore (Bengale occidentale, Inde). En maintenant le pétiole de chacune des feuilles infestées au milieu de l'échantillon, la tige est sectionnée à 1 pouce de distance de part et d'autre du noeud à l'aide d'un couteau. Des tampons d'ouate sont placés sur les deux extrémités sectionnées. Le taux d'infestation a été déterminé selon une échelle de 1 à 7 degrés, d'après Krishna et coll. (1987), de la façon suivante :

- Degré 0 : pas d'infestation,
- Degré 1 : traces de taches d'oïdium,
- Degré 2 : 1 à 10 % de la surface foliaire recouverte,
- Degré 3 : 11 à 20 % de la surface foliaire recouverte,
- Degré 4 : 21 à 30 % de la surface foliaire recouverte,
- Degré 5 : 31 à 50 % de la surface foliaire recouverte,
- Degré 6 : 51 à 75 % de la surface foliaire recouverte,
- Degré 7 : 76 à 100 % de la surface foliaire recouverte.

Chaque degré d'infestation comprend trois réplicats avec une feuille par réplicat sur laquelle un adulte et une larve sont placés séparément, les réplicats sont ensuite conservés dans des boîtes de Pétri fermées (153 × 17 mm / 149 × 20 mm). Les tampons d'ouate sont humidifiés de façon intermittente afin de préserver la succulence des feuilles. L'efficacité de la consommation par *Illeis indica* est observée à intervalles de 12 heures jusqu'à disparition totale des mycéliums pour chacun des degrés d'infestation. Les prédateurs sont ensuite retirés et les feuilles laissées dans les boîtes de Pétri dans les mêmes conditions pendant trois jours afin d'observer la réapparition éventuelle de l'oïdium sur les feuilles. La vitesse de consommation des taches d'oïdium par un adulte ou par une larve est calculée d'après la formule suivante :

$$\text{Vitesse de consommation (cm}^2/\text{h)} = \frac{\text{Surface foliaire moyenne} \times \text{degré d'infestation} \times \text{mycéliums consommés (\%)}}{\text{temps en heures}} \times 100$$

Après consommation de l'oïdium par *I. indica*, les feuilles correspondant aux différents degrés d'infestation sont données comme nourriture à des larves de vers à soie du 5e âge sur la totalité de leur période de nourrissage, c'est-à-dire du 1er jour du 5e âge jusqu'au filage, à raison de 4 nourrissages par jour à 6 heures d'intervalle afin d'étudier l'acceptation par les larves de vers à soie des feuilles assainies par rapport aux feuilles saines et aux feuilles infestées, considérées comme témoins. Les lots traités et les témoins sont élevés dans des conditions de température et d'humidité identiques. Les données concernant la consommation des feuilles après 4 heures de nourrissage, la performance d'élevage et les caractères du cocon ont été relevées chez les lots traités et témoins.

RESULTATS ET DISCUSSION

On observe une association des feuilles de mûrier infestées par l'oïdium avec les adultes et les larves de *Illeis indica* sur la surface ventrale des feuilles matures et sénescences, c'est-à-dire à partir de la 8e feuille jusqu'à la feuille inférieure du plant.

Les pourcentages de consommation de surface mycélienne par un adulte et par une larve sont présentés respectivement dans les tableaux I et II. Les données révèlent qu'un adulte est capable de consommer la totalité de l'excroissance mycélienne en 24 heures pour les degrés d'infestation 1 à 3, en 36 à 48 heures pour les degrés d'infestation 4 et 5 et en 60 à 72 heures pour les degrés d'infestation de 6 à 7 (Tableau I) tandis qu'une larve peut éliminer la totalité des mycéliums en 60 heures pour les degrés d'infestation de 1 à 3, en 72 heures pour le degré 3, en 84 heures pour les degrés d'infestation 4 et 5 et en 108 heures pour les degrés d'infestation 6 et 7 (Tableau II). Les vitesses de consommation de la surface mycélienne par un adulte et par une larve, exprimées en cm²/h, sont présentées

respectivement dans les tableaux III et IV. La voracité est toujours plus élevée chez les adultes que chez les larves et est directement proportionnelle à l'intensité d'infestation dans les deux cas.

La vitesse de consommation plus faible relevée pour les degrés d'infestation inférieurs pourrait être due au fait que les plaques d'excroissance mycélienne sont dispersées sur les feuilles. Après avoir fini une plaque mycélienne, un laps de temps important est nécessaire aux adultes et aux larves pour trouver une autre plaque tandis que, pour les degrés d'infestation plus élevés, les plaques mycéliennes sont ininterrompues, ce qui facilite la recherche et la destruction totale de ces plaques par le prédateur. Ce dernier peut donc éliminer davantage de surface foliaire par unité de temps chez les échantillons fortement infestés.

A la loupe binoculaire, il apparaît que leur comportement de nourrissage est toujours une progression vers l'avant. Ils atteignent en premier lieu la périphérie d'une tache mycélienne et éliminent les mycéliums en ouvrant leurs mandibules comme des ciseaux puis avancent en tournant la tête à droite et à gauche. Une fois les taches d'oïdium éliminées par l'insecte, on n'observe plus aucune trace de mycélium et la surface ventrale des feuilles paraît aussi nette que celle des feuilles saines.

Les adultes et les larves préfèrent les mycéliums jeunes et frais aux mycéliums âgés et sales.

Aucune régénération des mycéliums n'apparaît jusqu'à trois jours après l'élimination des mycéliums par *I. indica* sur les feuilles infestées. Cette question devra être abordée dans une étude détaillée.

L'étude préliminaire réalisée sur l'acceptation, par les vers à soie, des feuilles de mûrier débarrassées de l'oïdium (Tableau V) montrent que les feuilles traitées et les feuilles témoins sont indifféremment acceptées et consommées totalement par les vers à soie. La performance d'élevage pour ce qui concerne la durée du 5^e âge larvaire, le poids d'un cocon, le poids d'une coque et la richesse soyeuse ne fait apparaître aucune différence significative entre les lots traités et les témoins sains.

Par ailleurs, les feuilles dont le degré d'infestation se situe entre 4 et 7 sont moins bien acceptées par les larves, l'acceptation étant inversement proportionnelle au degré d'infestation par l'oïdium. La performance d'élevage pour les caractères considérés est toujours inférieure. De plus, la durée du 5^e âge larvaire est prolongée d'une journée. Ces observations corroborent celles de Noamani et coll. (1970) et de Sullia et Padma (1987).

La nature fongiphage d'*I. indica*, qui se nourrit de mycéliums et de conidies d'oïdium, préalablement observée par Kapur (1966), a été confirmée dans cette étude. Les résultats que nous avons obtenus ici sur la lutte contre l'oïdium par utilisation de son prédateur naturel, l'acceptation des feuilles traitées par les vers à soie et la performance d'élevage pourraient servir de base à une évaluation visant à utiliser *I. indica* comme outil de lutte biologique contre l'oïdium chez les feuilles de mûrier bien que des études sur la reproduction, la conservation et l'innocuité de ce prédateur naturel et sur les effets dans des tests sur le terrain soient nécessaires.

STUDIES ON BIVOLTINE COCOON COOKING : EFFECT OF TIME AND TEMPERATURE OF RETTING ON ABSORPTION AND MOISTURE CONTENT IN INDIAN AND JAPANESE COCOONS

G. HARIRAJ* & H. KINOSHITA^{1**}

* Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, BTM Layout, Madiwala, Bangalore - 560068, India.

** National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-4-8, Goda, Okaya, Nagano Prefecture, 394, Japan.

The time and temperature of treatment in retting has been thought to influence sericin swelling and softening of cocoons. Indian and Japanese bivoltine cocoons, namely, KA × NB₄D₂ and Kinshu × Showa, were studied for the effects of various times and temperatures on water absorption in cocoon and shell. Both time and temperature had significant effects on the caterpillar action of water absorption in Indian cocoons, whereas only temperature had an effect on Japanese cocoons. Water absorption in Indian bivoltine cocoons was almost twice that of Japanese cocoons at the same temperature of treatment. The moisture content in the shell was higher in Indian cocoons as compared to Japanese cocoons, which may be attributed to a greater shell thickness of Japanese cocoons, which is 1.8 times more than that of Indian cocoons. Also, the sericin softening level of Indian cocoons was found to be better than that of the Japanese cocoons during retting treatment.

Keywords: Bivoltine cocoons, retting, sericin, absorption.

INTRODUCTION

Cocoon cooking is a process in which water is made to penetrate from outside to inside and inside to outside the cocoon shell, in order to make the sericin soften to a suitable degree throughout the cocoon shell. A series of research studies has been conducted in Japan with respect to sericin softening and pretreatment by cocoon cooking and other factors (Koike *et al.*, 1953; Shimazaki *et al.*, 1961, 1962). Further studies have also been conducted on systematization of cocoon cooking in relation to reeling conditions (Kinoshita *et al.*, 1980, 1982). In India, at present, cocoons are cooked at 80-85 °C for about 2-4 minutes to achieve the softening of sericin. During the process, the outer layers of the cocoons are softened more, resulting in more waste. The process of treating the cocoons in a single pan is similar to the retting treatment of the cocoons in a cocoon cooking machine. This paper deals with a study conducted on bivoltine cocoons of an Indian hybrid race and a Japanese hybrid race for the effect of various retting times and temperatures on water absorption in the cocoon, moisture absorbed in the shell, and so on.

1. Author to whom correspondence should be addressed.

MATERIALS AND METHODS

1. Materials:

Indian bivoltine hybrid cocoons of KA × NB₄D₂ race and Japanese bivoltine hybrid cocoons of Kinshu × Showa race were used for this study.

2. Drying conditions:

The cocoons were dried in a batch type hot air drier following a temperature pattern of 115 °C to 60 °C for a period of 5 hours for the Japanese bivoltine cocoons and 100 °C to 60 °C for a period of 4.5 hours for the Indian bivoltine cocoons. A degree of drying of about 41-43 % is achieved in both Indian and Japanese cocoons.

3. Retting conditions:

Using the two-way classification method, the design of the experiment was carried out with two factors, namely, retting temperature and retting time. The retting temperature was selected for 5 levels, viz., 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C and boiling temperature, and three different retting time intervals, viz., 1 min., 3 min. and 5 min., were used.

4. Water used:

Pure water having zero alkalinity, zero hardness, 8 ppm acidity and pH 5.4 was used for cooking the cocoons.

5. Data collected:

Initially the cocoons were measured for length and width. It was assumed that the cocoon consists of two spheres and one cylinder and imagined as an ellipsoid while calculating the volume of the cocoons. The volume of the cocoon was calculated using the formula given below (Nakayama, 1974). Dry cocoon weight was also measured. After treatment, the cooked cocoon weight and cooked shell weight were determined. From these data, the absorption of water in the cocoon and moisture content in the shell were calculated using the formula given below. The data were analyzed statistically.

$$\text{Volume of cocoon} = \pi b^2 (3a-b)/12$$

where,

a = length of cocoon

b = width of cocoon

$$\text{Absorption of water in cocoon} = W_2 / W_1$$

where,

W₂ = cooked cocoon weight

W₁ = dry cocoon weight

$$\text{Moisture content in shell} = (W_3 - W_4 / W_4) * 100$$

where,

W₃ = cooked shell weight

W₄ = dry shell weight

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the analysis of variance for the absorption of water in the cocoon and moisture content in the cocoon shell of Indian bivoltine hybrid cocoons and Japanese bivoltine hybrid cocoons are presented in Tables I-IV. The effect of treatment time on absorption of water in Indian cocoons is shown in Figure 1. Figure 2 shows the effect of treatment temperature on absorption of water in Indian and Japanese cocoons. The effect of treatment time and temperature on moisture content of cooked cocoon shell of Indian and Japanese bivoltine cocoons are shown in Figures 3 and 4.

1. Absorption of water in cocoon after retting:

From Table I, it can be inferred that treatment time has a significant effect on absorption of water in the Indian bivoltine cocoons at a 5% significance level, whereas the treatment temperature has a significant effect at 1% significance level. In Indian bivoltine hybrid cocoons, the contribution ratio of the temperature of treatment on the capillary action of water penetrating inside the cocoon is as high as 57%, compared to the effect of duration of treatment, which is 17%.

Table I. Results of the analysis of variance of water absorption in Indian bivoltine hybrid cocoons after retting treatment.

Tableau I. Résultats de l'analyse de variance de l'absorption d'eau chez les cocons hybrides bivoltins indiens après rouissage.

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	F value	Contribution ratio
<i>Facteur</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Variance</i>	<i>Valeur de F</i>	<i>Taux de contribution</i>
A : Time / <i>Durée</i>	6.687	2	3.344	5.365*	16.6
B : Temperature / <i>Température</i>	21.201	4	5.300	8.505**	56.9
E : Error / <i>Ecart</i>	4.986	8	0.623		
Total	32.874	14			

Table II. Results of the analysis of variance of water absorption in Japanese bivoltine hybrid cocoons after retting treatment.

Tableau II. Résultats de l'analyse de variance de l'absorption d'eau chez les cocons hybrides bivoltins japonais après rouissage.

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	F value	Contribution ratio
<i>Facteur</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Variance</i>	<i>Valeur de F</i>	<i>Taux de contribution</i>
A : Time / <i>Durée</i>	1.245	2	0.622	2.991	7.62
B : Temperature / <i>Température</i>	7.971	4	1.993	9.576**	65.6
E : Error / <i>Ecart</i>	1.665	8	0.208		
Total	10.881	14			

From Table II, it may be inferred that the Japanese bivoltine hybrid cocoons have a significant relationship only with temperature of treatment with respect to quantity of water absorption at the 1% level of significance, and not with duration of treatment. The temperature of treatment contributes a

66% effect on absorption of water in the cocoon. This may be attributed to a greater shell thickness, which is 1.8 more compared to Indian cocoons and also to the sericin characteristics of cocoons.

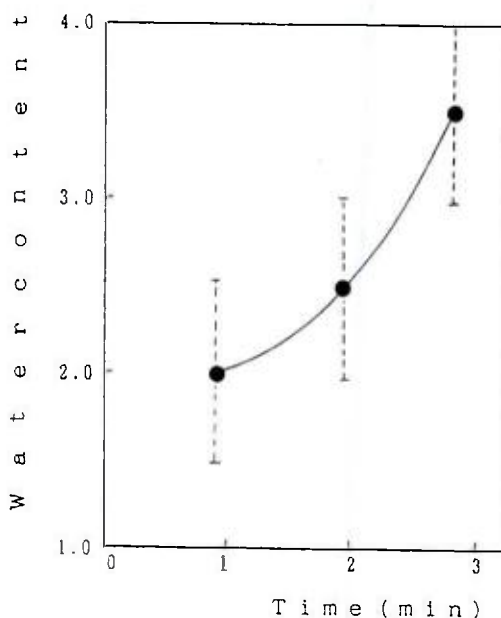


Fig. 1: Effect of treatment time on absorption in Indian bivoltine hybrid cocoons.

Fig. 1 : Effet de la durée de traitement sur l'absorption chez les cocons hybrides bivoltins indiens.

It can be seen from Figure 1 that as the treatment time increases from 1 minute to 5 minute, the quantity of water absorbed in Indian bivoltine cocoons increases from 1.9 to 3.5 times the cocoon weight. From Figure 2, it can be seen that up to 50 °C, the quantity of water absorbed increases from 1.4 times to 4.5 times the cocoon weight. The increase in the quantity of water absorbed as the retting temperature increases may be attributed to expansion of air inside the cocoons at higher temperatures, resulting in entry of steam inside the cocoons. The steam is later converted to water when the cocoons are removed from the bath. Though the quantity of water absorbed increases at boiling temperature, the outer layer of cocoons comes in contact with high temperature suddenly, resulting in oversoftening of sericin in the outer layers.

It can be seen from Figure 2 that there is an increasing trend of water absorbed in Japanese bivoltine cocoons as the treatment temperature increases. The quantity of water absorbed increases from 1.3 to 3.2 times the cocoon weight as the temperature of treatment increases from 30 °C to boiling. Compared to the Indian cocoons, the quantity of water absorbed in Japanese bivoltine cocoons is less in the retting treatment, which is again due to the thick shell and sericin characteristics of the cocoons.

2. Moisture content in the cocoon shell after retting:

From Table III, it can be inferred that treatment time and temperature have significant effects on moisture absorbed in Indian cocoon shells at the 1% significance level. The effect of treatment temperature on moisture absorbed in the shell is 74%, whereas the effect of time is only 12%. It can be seen from Table IV that the Japanese bivoltine cocoons also follow the same trend but the contribution ratio of treatment temperature is 87% and duration is only 5%.

It can be seen from Figure 3 and 4 that both the treatment time and temperature increase the moisture content of the shell significantly in both Indian and Japanese bivoltine hybrid cocoons. The effect of duration is significant on moisture content, which increases from 125% to 232% as the duration is increased from 1 to 3 minutes, whereas a change in temperature from 30 to 97 °C increases

moisture content from 60% to 334% in Indian cocoons. In Japanese cocoons moisture content varies from 93% to 135% as time changes from 1 to 3 minutes, whereas moisture content changes from 40% to 216% as temperature is raised from 30 to 97 °C. It can be inferred that the moisture content in Indian cocoons is almost twice more at the same temperature of treatment compared to Japanese cocoons. The reason for this behavior may be the resistance for water penetration produced on sericin during drying, as well as shell thickness.

Fig. 2: Effect of treatment temperature on absorption in cocoons.

Fig. 2 : Effet de la température de traitement sur l'absorption chez les cocons.

- Indian bivoltine hybrid cocoons / Cocons hybrides bivoltins indiens.
- Japanese bivoltine hybrid cocoons / Cocons hybrides bivoltins japonais.

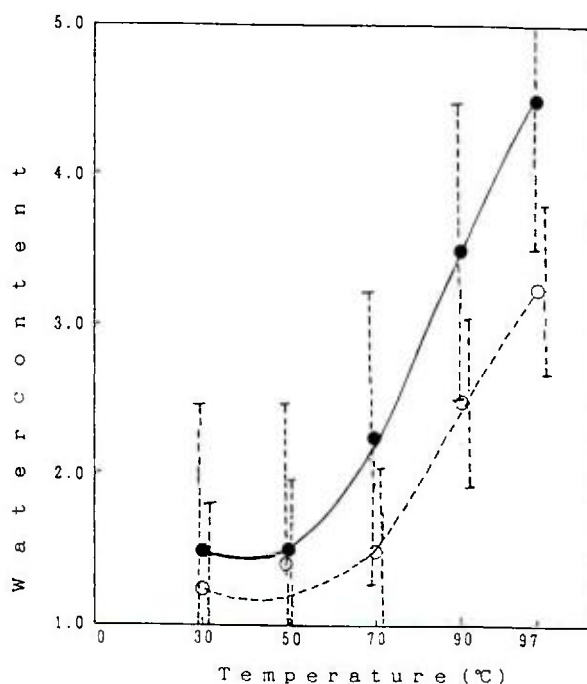


Table III. Results of the analysis of variance of moisture content in Indian bivoltine hybrid cocoons after retting treatment.

Tableau III. Résultats de l'analyse de variance du contenu en humidité chez les cocons hybrides bivoltins indiens après rouissage.

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	F value	Contribution ratio
<i>Facteur</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Variance</i>	<i>Valeur de F</i>	<i>Taux de contribution</i>
A : Time / <i>Durée</i>	28347	2	14174	6.734**	11.6
B : Temperature / <i>Température</i>	162607	4	40651	19.314**	74.2
E : Error / <i>Ecart</i>	16839	8	2105		
Total	207793	14			

From the above data, it can be inferred that the treatment temperature has a greater effect than the treatment time on absorption of water in the cocoons and moisture content of the cocoon shells, both in Indian and Japanese cocoons. Further, because of the thick shell of Japanese cocoons, the duration of retting has no significant effect on the absorption of water. From these observations on water absorption, treatment of cocoons at high temperature may soften the outer layers more.

Table IV. Results of the analysis of variance of moisture content in Japanese bivoltine hybrid cocoons after retting treatment.

Tableau IV. Résultats de l'analyse de variance du contenu en humidité chez les cocons hybrides bivoltins japonais après rouissage.

Factor	Sum of squares	Degrees of freedom	Variance	F value	Contribution ratio
<i>Facteur</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degrés de liberté</i>	<i>Variance</i>	<i>Valeur de F</i>	<i>Taux de contribution</i>
A : Time / <i>Durée</i>	5102	2	2551	6.278**	5.33
B : Temperature / <i>Température</i>	72199	4	18050	44.422**	87.6
E : Error / <i>Ecart</i>	3251	8	406.3		
Total	80552	14			

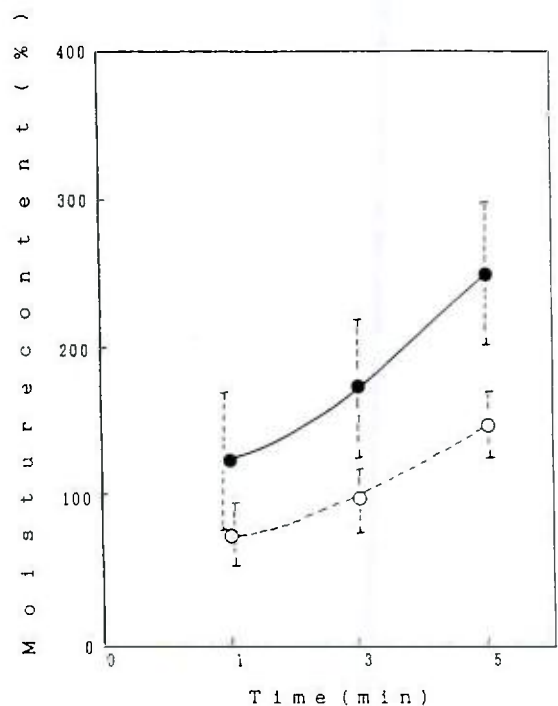


Fig. 3: Effect of treatment time on moisture content in the shell.

Fig. 3 : Effet de la durée de traitement sur le contenu en humidité de la coque.

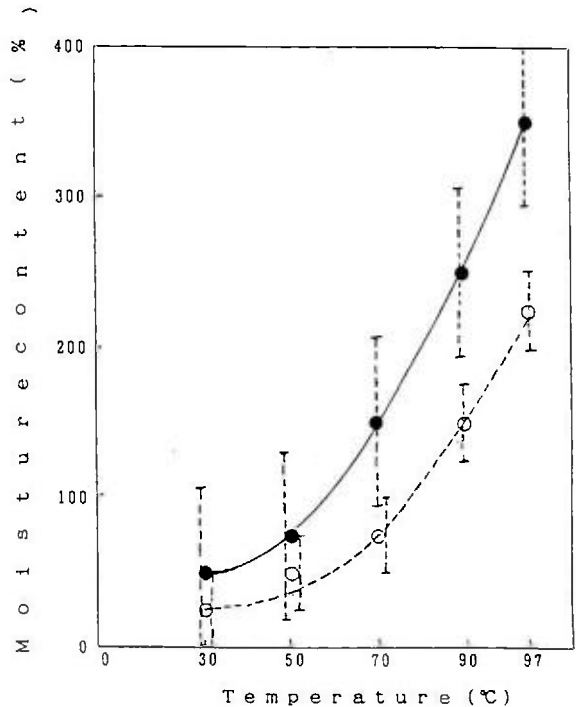
- Indian bivoltine hybrid cocoons / *Cocons hybrides bivoltins indiens.*
- Japanese bivoltine hybrid cocoons / *Cocons hybrides bivoltins japonais.*

Pertaining to the Indian conditions, presently the bivoltine cocoons are dried by steam or hot air. However, the percentage of drying is very high. This results only in killing of the pupa and not in hardening of sericin. When these cocoons are cooked at 80-85 °C for 2-4 min., more waste is produced. Hence, from the above study it may be observed that a balance has to be obtained between the time and temperature of treatment to achieve more water absorption and moisture content in the cocoon shells, thereby producing less waste.

Fig. 4: Effect of treatment temperature on moisture content in the shell.

Fig. 4 : Effet de la température de traitement sur le contenu en humidité de la coque.

- Indian bivoltine hybrid cocoons / *Cocons hybrides bivoltins indiens.*
- Japanese bivoltine hybrid cocoons / *Cocons hybrides bivoltins japonais.*



3. Relation between the cocoon characteristics:

The correlations tested between cocoon characteristics are presented in Table V. It can be seen that length and width of the cocoons are significantly correlated with volume of the cocoons. It is interesting to note that the width of the Indian race bivoltine cocoons has little relation with the length of the cocoons, whereas in the case of Japanese cocoons the degree of correlation is very high. The dry cocoon weight of both Indian and Japanese races has a significant correlation with the volume of the cocoons. It is noteworthy that the width of Indian race cocoons does not have a good correlation with dry cocoon weight as compared to Japanese race cocoons. From the above observations it can be inferred that the variation in Indian race bivoltine cocoons is very high.

In Japanese race cocoons, the cooked cocoon weight has little relationship to the cocoon width and dry cocoon weight. The cooked cocoon weight has no relationship to cocoon length and volume in both Indian and Japanese races. The relationship between cooked cocoon weight and dry cocoon weight and dimensions could not be established for the Indian cocoons because the water penetration inside the cocoons is small after retting treatment in this case. The wet shell weight of the cooked cocoon has a significant relationship with the cooked cocoon weight. The clear relationship between dry shell weight and length, width, volume and dry cocoon weight indicates that shell weight can be predicted from the size and weight of the cocoons.

Table V. Correlation matrix of cocoon characteristics cooked by retting method.

Tableau V. Matrice de corrélation des caractéristiques des cocons cuits selon la méthode du rouissage.

Characteristics / Caractéristiques	L	WD	V	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9
L Indian / Indiens	1.0											
Japanese / Japonais	1.0											
WD Indian / Indiens	.225**	1.0										
Japanese / Japonais	.601**	1.0										
V Indian / Indiens	.621**	.899**	1.0									
Japanese / Japonais	.820**	.948**	1.0									
W1 Indian / Indiens	.544**	.330**	.505**	1.0								
Japanese / Japonais	.665**	.704**	.756**	1.0								
W2 Indian / Indiens	.099	-.018	.022	.120	1.0							
Japanese / Japonais	.035	.154*	.118	.156*	1.0							
W3 Indian / Indiens	.159*	.042	.092	.163*	.851**	1.0						
Japanese / Japonais	.057	.192**	.153*	.215**	.818**	1.0						
W4 Indian / Indiens	.507**	.331**	.488**	.737**	.086	.167*	1.0					
Japanese / Japonais	.620**	.599**	.661**	.856**	.050	.158*	1.0					
W5 Indian / Indiens	.068	-.037	-.008	.061	.998**	.846**	.043	1.0				
Japanese / Japonais	-.040	.076	.034	.045	.994**	.802**	-.047	1.0				
W6 Indian / Indiens	.032	-.062	-.043	-.014	.986**	.832**	-.010	.992**	1.0			
Japanese / Japonais	-.096	.009	-.035	-.058	.969**	.761**	-.134**	.987**	1.0			
W7 Indian / Indiens	.114	.013	.048	.097	.853**	.995**	.077	.852**	.843**	1.0		
Japanese / Japonais	-.027	.113	.065	.100	.821**	.991**	.023	.819**	.789**	1.0		
W8 Indian / Indiens	.048	-.028	-.014	.003	.836**	.970**	-.056	.840**	.845**	.986**	1.0	
Japanese / Japonais	-.105	.030	-.023	-.022	.815**	.956**	-.122	.827**	.819**	.984**	1.0	
W9 Indian / Indiens	.012	-.148*	.036	.976**	.814**	.007	.979**	.979**	.822**	.819**	1.0	
Japanese / Japonais	-.136	-.039	-.086	.001	.974**	.793**	-.090	.985**	.982**	.815**	.833**	1.0

Number of samples / Nombre d'échantillons : 225.

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

L: Length / Longueur. WD: Width / Largeur. V: Volume. W1: Dry cocoon weight / Poids sec d'un cocon. W2: Cooked cocoon weight / Poids d'un cocon cuit. W3: Wet shell weight / Poids humide de la coque. W4: Dry shell weight / Poids sec de la coque. W5: Water content in cocoon / Contenu en eau du cocon (=W3-W4). W6: Absorption of water in cocoon / Absorption d'eau dans le cocon (=W2/W1). W7: Water content in shell / Contenu en eau dans la coque (W3-W4). W8: Moisture content in shell / Contenu en humidité de la coque (W3-W4*100). W9: Ratio of cooked weight to volume / Rapport du poids cuit sur le volume (W2/V*100).

It could also be observed that the cooked cocoon weight has a significant relationship with the wet shell weight, the water content in cocoon and shell, the absorption of water in the cocoon, the moisture content in the shell, and the ratio of cooked cocoon weight to volume. However, there is no relation with dry shell weight. This may be due to the low penetration of water inside the cocoon after retting treatment. Thus, it can be established that by measuring the cooked cocoon weight alone the above variables can be predicted.

Further, regression equations, which were derived between the cocoon dimensions, volume, dry weight, cooked weight, absorption of water and moisture content are presented in Table VI. From these data, it can be seen that the derived regression equations show linear relationships between the variables. By measuring the length and width of the cocoons, the volume of the cocoons can be calculated. From the volume of the cocoons, the dry cocoon weight and shell weight can be predicted. Further, upon measuring the cooked cocoon weight, variables like wet shell weight, water content in cocoon and shell, absorption of water in the cocoon, and moisture content in the shell can be estimated using the fitted regression equations. However, it is worth mentioning that although a linear relationship exists between the variables in the study, the constants may change according to the race of the cocoons.

Table VI. Regression equations derived between cocoon characteristics after retting treatment.

Tableau VI. Equations de régression dérivées entre les caractéristiques des cocons après rouissage.

For Indian race bivoltine cocoons / Pour les cocons bivoltins indiens	
Dry cocoon weight <i>Poids du cocon sec</i>	= 0.366 + 0.0278 × Volume of cocoon <i>Volume du cocon</i>
Dry shell weight <i>Poids sec de la coque</i>	= 0.0507 + 0.392 × Dry cocoon weight <i>Poids du cocon sec</i>
Wet shell weight <i>Poids frais de la coque</i>	= 0.336 + 0.295 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>
Absorption of water in cocoon <i>Absorption d'eau dans le cocon</i>	= 0.0601 + 1.609 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>
Moisture content in shell <i>Contenu en humidité dans la coque</i>	= 1.2055 + 1.001 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>
For Japanese race bivoltine cocoons / Pour les cocons bivoltins japonais	
Dry cocoon weight <i>Poids du cocon sec</i>	= 0.232 + 0.0715 × Volume of cocoon <i>Volume du cocon</i>
Dry shell weight <i>Poids sec de la coque</i>	= 0.127 + 0.4052 × Dry cocoon weight <i>Poids du cocon sec</i>
Wet shell weight <i>Poids frais de la coque</i>	= 0.465 + 0.321 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>
Absorption of water in cocoon <i>Absorption d'eau dans le cocon</i>	= 0.0614 + 1.065 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>
Moisture content in shell <i>Contenu en humidité dans la coque</i>	= 0.955 + 0.6395 × Cooked cocoon weight <i>Poids du cocon cuit</i>

CONCLUSIONS

Based on the results it may be concluded that lowering the temperature of retting and increasing the duration of retting may each result in the same amount of water absorption in the cocoon and moisture in the shell, along with uniform treatment throughout the cocoon layer. These treatments may also reduce the quantity of waste produced from the cocoons.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge active support and encouragement from Dr Nishide, Director, National Institute of Sericultural and Entomological Science, Okaya.

REFERENCES

- KOIKE R., MARUYAMA Z. (1953) Relationship between sericin softening and volume of cocoons. *J. Silk Sci. Tech. Japan*, 3, 89-94.
- SHIMAZAKI A., SEKIJIMA M. (1961) Studies on pretreatment of cocoon cooking. Part I. *J. Silk Sci. Tech. Japan*, 11, 1-8.
- SHIMAZAKI A., YAMAMOTO A. (1962) Studies on pretreatment of cocoon cooking, Part II. *J. Silk Sci. Tech. Japan*, 12, 4-7.
- NAKAYAMA N. (1974) Relationship between size of the cocoon and water penetration inside cocoon. *Bull. Nagano Pref. Textile Res. Inst.*, 1, 17-19.
- KINOSHITA H., WATASE H., SUGANUMA Y. (1980) Studies on the systemization of cocoon cooking. *Bull. Nagano Pref. Textile Res. Inst.*, 8, 54-57.
- KINOSHITA H., SUGANUMA Y., WATASE H. (1982) Effectiveness of pretreatment on steam cooking with respect to moisture content. Part I. *Bull. Nagano Pref. Textile Res. Inst.*, 10, 32-35.
- KINOSHITA H., SUGANUMA Y., WATASE H. (1982) Effectiveness of pretreatment on steam cooking with respect to moisture content. Part II. *J. Silk Sci. Tech. Japan*, 32, 10-12.

ETUDES SUR LA CUISSON DES COCONS BIVOLTINS : EFFET DE LA DUREE ET DE LA TEMPERATURE DE ROUISSAGE SUR L'ABSORPTION ET LE CONTENU EN HUMIDITE DES COCONS INDIENS ET JAPONAIS

G. HARIRAJ* & H. KINOSHITA^{1**}

* Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, BTM Layout, Madiwala,
Bangalore - 560068, Inde.

** National Institute of Sericultural and Entomological Science, 1-4-8, Goda, Okaya, Nagano
Prefecture, 394, Japon.

On a émis l'hypothèse que la durée et la température du traitement au cours de rouissage affectent le gonflement de la séricine et l'assouplissement des cocons. On a étudié les effets de durées et de températures de traitement différentes sur l'absorption d'eau dans le cocon et dans la coque des cocons bivoltins indiens de la race KA × NB₄D₂ et japonais de la race Kinshu × Showa. La durée et la température ont des effets significatifs sur l'action de l'absorption capillaire de l'eau chez les cocons indiens, tandis que seule la température a un effet chez les cocons japonais. L'absorption d'eau chez les cocons bivoltins indiens est pratiquement le double de celle obtenue chez les cocons japonais à la même température de traitement. Le contenu en humidité de la coque est plus élevé chez les cocons indiens que chez les cocons japonais ; ceci pourrait être attribué au fait que l'épaisseur de la coque des cocons japonais est supérieure de 1,8 fois à celle des cocons indiens. De plus, le degré d'assouplissement des cocons indiens est meilleur que celui des cocons japonais au cours du rouissage.

INTRODUCTION

La cuisson des cocons est un processus visant à faire pénétrer l'eau de l'extérieur vers l'intérieur et de l'intérieur vers l'extérieur de la coque soyeuse afin d'assouplir la séricine jusqu'à obtention d'un degré convenable sur la totalité de la coque. Une série de travaux a été réalisée au Japon sur l'assouplissement et le pré-traitement de la séricine par cuisson des cocons et autres facteurs (Roike et coll., 1953 ; Shimazaki et coll., 1961, 1962). Des études complémentaires ont également été réalisées sur la systématisation de la cuisson des cocons en fonction des conditions de dévidage (Kinoshita et coll., 1980, 1982). En Inde, les cocons sont actuellement cuits à une température de 80 à 85 °C pendant 2 à 4 minutes afin d'obtenir un assouplissement de la séricine. Au cours de ce processus, les couches externes des cocons sont plus assouplies que les autres couches, ce qui entraîne une augmentation des déchets. La technique de traitement des cocons dans une seule bassine est identique au traitement de rouissage des cocons dans une bassine automatique de cuisson. Cet article présente une expérience réalisée sur des cocons bivoltins indiens et japonais afin d'étudier l'effet de durées et de températures de rouissage différentes sur l'absorption d'eau dans le cocon, la quantité d'humidité absorbée dans la coque, etc.

1. Auteur à contacter pour toute correspondance.

MATERIELS ET METHODES

1. Matériel :

Des cocons hybrides bivoltins indiens de la race KA × NB₄D₂ et japonais de la race Kinshu × Showa ont été utilisés pour cette étude.

2. Conditions de séchage :

Les cocons sont séchés dans un étouffoir à air chaud de type fourmée suivant un programme de températures de 115 °C à 60 °C pendant 5 heures pour les cocons bivoltins japonais et de 100 °C à 60 °C pendant 4 heures et demie pour les cocons bivoltins indiens. On obtient un degré de séchage d'environ 41 à 43 % pour les cocons indiens et japonais.

3. Conditions de rouissage :

Suivant une méthode de double classification, la configuration de l'expérience a été réalisée en fonction de deux facteurs : la température de rouissage et la durée de rouissage. Les cinq températures de rouissage et les durées de traitements considérées sont 30 °C, 50 °C, 70 °C, 90 °C et point d'ébullition, d'une part, et 1 minute, 3 minutes et 5 minutes, d'autre part.

4. Type d'eau utilisée :

On a utilisé de l'eau pure à alcalinité 0, dureté 0, 8 ppm d'acidité et pH 5,4 pour la cuisson des cocons.

5. Acquisition des données :

En premier lieu, on a mesuré la longueur et la largeur des cocons. Pour le calcul du volume, on suppose que le cocon est composé de deux sphères et d'un cylindre ayant une forme ellipsoïdale. Le volume du cocon a été déterminé d'après la formule donnée ci-dessous (Nakayama, 1974). Le poids du cocon sec a également été mesuré. Après traitement, le poids du cocon cuit et de la coque cuite ont été déterminés. Sur la base de ces données, l'absorption d'eau dans le cocon et le contenu en humidité de la coque ont été calculés d'après les formules données ci-dessous. Les données ont été soumises à analyse statistique.

$$\text{Volume du cocon} = \pi b^2 (3a-b)/12$$

où,
a = longueur du cocon
b = largeur du cocon

$$\text{Absorption d'eau dans le cocon} = W2 / W1$$

où,
W2 = poids du cocon cuit
W1 = poids du cocon sec

$$\text{Contenu en humidité de la coque} = (W3-W4/W4) * 100$$

où,
W3 = poids de la coque cuite
W4 = poids de la coque sèche

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de l'analyse de variance pour l'absorption d'eau dans le cocon et le contenu en humidité de la coque des cocons hybrides bivoltins indiens et japonais sont présentés dans les tableaux I à IV. L'effet de la durée du traitement sur l'absorption d'eau chez les cocons indiens est représenté dans la figure 1. La figure 2 présente l'effet de la température de traitement sur l'absorption d'eau chez les cocons indiens et japonais. Les effets de la durée et de la température du traitement sur le

contenu en humidité de la coque cuite des cocons bivoltins indiens et japonais sont présentés dans les figures 3 et 4.

1. Absorption d'eau dans le cocon après rouissage :

La lecture du tableau I révèle que la durée du traitement a un effet significatif sur l'absorption d'eau des cocons bivoltins indiens au seuil de 5 %, tandis que la température de traitement a un effet significatif au seuil de 1 %. Chez les cocons hybrides bivoltins indiens, le taux de contribution de la température du traitement sur l'action capillaire de l'eau pénétrant à l'intérieur du cocon s'élève à 57 % alors que celui de l'effet de la durée de traitement est de 17 %.

La lecture du tableau II révèle que les cocons hybrides bivoltins japonais donnent une corrélation significative entre la température de traitement et la quantité d'eau absorbée au seuil de 1 % mais pas avec la durée de traitement. La température de traitement contribue pour 66 % dans l'absorption d'eau dans le cocon ; ceci pourrait être attribué à l'épaisseur des cocons japonais qui est de 1,8 fois supérieure à celle des cocons indiens et également aux caractéristiques de la séricine des cocons.

La figure 1 montre que lorsque la durée de traitement augmente de 1 à 5 minutes, la quantité d'eau absorbée chez les cocons bivoltins indiens multiplie le poids du cocon par un facteur entre 1,9 et 3,5. A la lecture de la figure 2, on constate que, jusqu'à 50 °C, la quantité d'eau absorbée ne varie pas mais, à partir de 50 °C jusqu'au point d'ébullition, la quantité d'eau absorbée multiplie le poids du cocon par un facteur entre 1,4 et 4,5. L'augmentation de la quantité d'eau absorbée à mesure que la température de rouissage augmente pourrait être attribuée à une dilatation de l'eau à l'intérieur du cocon sous l'effet de la chaleur provoquant une accumulation de vapeur à l'intérieur du cocon. La vapeur se transforme ensuite en eau lorsque l'on retire les cocons du bain. Bien que la quantité d'eau absorbée augmente au point d'ébullition, la couche externe des cocons entre en contact soudain avec la chaleur, provoquant un assouplissement excessif de la séricine dans les couches externes.

La figure 2 révèle, chez les cocons bivoltins japonais, une tendance à l'augmentation de l'eau absorbée proportionnelle à la température de traitement. La quantité d'eau absorbée multiplie par un facteur entre 1,3 et 3,2 le poids des cocons à mesure que la température augmente de 30 °C au point d'ébullition. Par rapport aux cocons indiens, la quantité d'eau absorbée chez les cocons bivoltins japonais est plus faible au cours du rouissage ; ceci est également dû à l'épaisseur plus importante et aux caractéristiques de la séricine des cocons.

2. Contenu en humidité de la coque après rouissage :

La lecture du tableau III révèle que la durée et la température de traitement ont des effets significatifs sur la quantité d'humidité absorbée dans la coque des cocons indiens au seuil de 1 %. L'effet de la température de traitement sur l'humidité absorbée dans la coque est de 74 %, tandis que l'effet de la durée est seulement de 12 %. Le tableau IV montre que les cocons bivoltins indiens suivent la même tendance mais la contribution de la température de traitement est de 87 % et celle de la durée seulement de 5 %.

Les figures 3 et 4 montrent que la durée et la température de traitement entraînent une augmentation significative du contenu en humidité de la coque aussi bien chez les cocons indiens que chez les cocons japonais. L'effet de la durée est significatif sur le contenu en humidité qui augmente de 125 % à 232 % lorsque la durée de traitement passe de 1 à 3 minutes, tandis qu'une modification de la température de 30 à 97 °C entraîne une augmentation du contenu en humidité de 60 % à 334 % chez les cocons indiens. Chez les cocons japonais, le contenu en humidité s'élève de 93 % à 153 % lorsque la durée passe de 1 à 3 minutes et de 40 % à 216 % lorsque la température augmente de 30 à 97 °C. On peut en déduire que le contenu en humidité des cocons indiens est pratiquement le double de celui des cocons japonais pour la même température et la même durée. Ce phénomène pourrait être dû à la résistance à la pénétration de l'eau produite sur la séricine au cours du séchage ainsi qu'à l'épaisseur de la coque.

Les données présentées ci-dessus indiquent que la température de traitement a un effet plus marqué que la durée de traitement sur l'absorption d'eau dans les cocons et sur le contenu en humidité de la coque aussi bien chez les cocons indiens que chez les cocons japonais. De plus, en raison de l'épaisseur de la coque des cocons japonais, la durée de rouissage n'a pas d'effet significatif sur

l'absorption d'eau. Ces observations indiquent que le traitement à haute température des cocons semble permettre un assouplissement plus important des couches externes.

La méthode utilisée actuellement en Inde consiste à sécher les cocons bivoltins soit à la vapeur, soit à l'air chaud. Cependant, le pourcentage de séchage est très élevé ; ceci permet de tuer les chrysalides mais pas de durcir la séricine. La cuisson des cocons 80-85 °C pendant 2 à 4 minutes entraîne une augmentation de la production de déchets. Cette étude montre donc qu'il est nécessaire d'établir un équilibre entre la durée et la température du traitement pour que l'eau soit mieux absorbée dans les cocons et que le contenu en humidité de la coque soit plus important si l'on souhaite réduire la production de déchets.

3. Relation entre les caractéristiques du cocon :

Les corrélations considérées entre les caractéristiques du cocon sont présentées dans le tableau V. On constate que la longueur et la largeur des cocons sont corrélées significativement avec le volume. Il est intéressant de noter que la largeur des cocons bivoltins indiens est faiblement corrélée avec la longueur du cocon, tandis que, chez les cocons japonais, le degré de corrélation est très élevé. Chez les deux races, le poids du cocon sec est corrélé avec le volume. Il faut également souligner que, chez les cocons de race indienne, la corrélation de la largeur des cocons avec le poids du cocon sec est inférieure à celle obtenue chez les cocons japonais. Ces observations indiquent que la variation est très élevée chez les cocons bivoltins indiens.

Chez les cocons de race japonaise, le poids du cocon cuit présente une corrélation peu marquée avec la largeur du cocon et le poids du cocon sec. Le poids du cocon cuit n'est corrélé avec la longueur et le volume du cocon ni chez les cocons indiens, ni chez les cocons japonais. La relation entre le poids du cocon cuit et le poids du cocon sec avec les dimensions du cocon n'a pas pu être établie chez les cocons indiens, la pénétration de l'eau à l'intérieur des cocons étant très faible après le rouissage. Le poids de la coque humide des cocons cuits présente une relation significative avec le poids du cocon cuit. La relation évidente entre le poids de la coque sèche et la longueur, la largeur, le volume et le poids du cocon sec indique qu'il est possible de calculer le poids de la coque d'après la taille et le poids des cocons.

Le poids du cocon sec présente également une corrélation significative avec le poids de la coque humide, le contenu en eau du cocon et de la coque, l'absorption d'eau dans le cocon, le contenu en humidité de la coque et le rapport poids/volume du cocon cuit. Cependant, il ne présente aucune corrélation avec le poids de la coque sèche ; ceci pourrait être dû à la faible pénétration de l'eau à l'intérieur du cocon après le rouissage. On peut donc affirmer que ces variables peuvent être calculées uniquement d'après le poids du cocon cuit.

Les équations de régressions entre les dimensions, le volume, le poids sec, le poids cuit, l'absorption d'eau et le contenu en humidité du cocon sont présentées dans le tableau VI. Ces données indiquent que les équations de régressions calculées présentent une relation linéaire entre les variables. La longueur et la largeur du cocon permettent de calculer le volume du cocon. Le volume du cocon permet de calculer le poids du cocon sec et le poids de la coque. De plus, le poids du cocon cuit permet d'évaluer les variables telles que le poids de la coque humide, le contenu en eau du cocon et de la coque, l'absorption d'eau dans le cocon et le contenu en humidité de la coque en utilisant l'équation de régression appropriée. Cependant, il faut souligner que, bien qu'il y ait une relation linéaire entre les paramètres étudiés ici, les constantes peuvent varier en fonction de la race de cocons.

CONCLUSION

Les résultats obtenus permettent de conclure qu'une diminution de la température de rouissage, d'une part, et qu'une augmentation de la durée de rouissage, d'autre part, peuvent produire la même quantité d'absorption d'eau dans le cocon et la même humidité dans la coque, ainsi qu'un traitement uniforme sur la totalité de la coque soyeuse. Ces traitements permettent également de réduire la quantité de déchets produits à partir des cocons.

EFFECT OF FEEDING MULBERRY LEAVES DEFICIENT IN SECONDARY NUTRIENTS ON LARVAL GROWTH, DEVELOPMENT, COCOON WEIGHT AND SILK QUALITY

M.A. SHANKAR¹, K. SHIVASHANKAR² & M.C. DEVAIAH³

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Post Bag No. 2447, GKVK, Bangalore - 560 065, India.

The effect of feeding mulberry leaf deficient in secondary nutrients (Ca, Mg and S) on silkworm growth and post-cocoon parameters of the silkworm in two seasons was studied. Feeding of leaves deficient in secondary nutrients lowered the larval weight when compared to the control in all the five instars except in the second instar in winter, which was non-significant. Further, the mean cocoon weight, shell weight, shell percentage, pupal weight were also significantly low due to feeding of mulberry leaves deficient in Ca, Mg and S nutrients as compared to the control. In winter, silkworms fed with mulberry deficient in Ca, Mg and S recorded a significantly lower filament length as compared to the control (727 m). In summer, silkworms fed with mulberry leaf deficient in Ca and S recorded a significantly lower filament length as compared to the control (723.3 m). In both seasons, the denier of the single filament was reduced by Ca, Mg and S deficiencies compared to the control (2.26 and 2.29). Further, the sericin content of cocoons increased and fibroin content decreased with deficiencies of Ca, Mg and S.

Keywords: Secondary nutrients, instar, sericin, fibroin, filament length.

INTRODUCTION

The silkworm growth and development are dependent on the composition of mulberry leaves wherein the quality of mulberry leaves alone contributes to the tune of 38.2 per cent (Miyashita, 1986).

The high intensity of mulberry cropping systems can impair soil fertility and cause loss of nutrients if adequate care and protection are not provided to the soil. Further, deficiency of secondary and micronutrients are found to occur, due to the use of high-analysis fertilizers continuously in the cultivation of high-yielding varieties of mulberry. Added to this, decreased recycling of crop residues and organic matter has largely contributed for the deficiency of Ca, Mg and S and other nutrients to mulberry resulting in poor quality of leaves and, in turn, low cocoon yield and silk quality. Ito and Maotsuda (1966) reported that application of compost increased the larval survival rate, cocoon quality and silk yield. Dasgupta (1961) stated that cocoon characters were dependent on the nutritive value of the leaves.

Takagishi *et al.* (1985) reported that silkworm growth and cocoon quality were significantly superior in the leaves harvested from plots applied with N, P, K and Ca as compared to the control. Arseney (1957) observed that 60 per cent of calcium injected was recovered in extruded silk. Horie *et al.* (1967) and Ito and Nimura (1966) observed that K, Mg, Fe and Zn were essential for the silkworm, while Mn and Ca accelerated the growth. Viswanath and Krishnamurthy (1982) reported

1. Associate Professor of Sericulture (Agronomy).

2. Professor of Crop Production.

3. Professor and Head.

that silkworm larvae fed with Mg (8 kg/ha) sprayed leaves resulted in a better cocoon yield (40 kg/ha) and mean cocoon weight (1.54 g) as compared to the control. Hence this study on the effect of feeding mulberry leaf deficient in Ca, Mg and S on young and mature silkworm growth, development, cocoon weight and silk characters was undertaken.

MATERIALS AND METHODS

A pot culture experiment was conducted during the winter and summer seasons to study the effect of deficiency of secondary nutrients (*viz.* Ca, Mg, and S) on the growth and development of mulberry. The design was completely randomised design with 7 replications. The experiment was conducted in cement pots measuring 45 × 45 × 45 cm (1 × b × h). The pots were lined with polyethylene sheets from inside to avoid possible contact of roots with the walls of the pots because of the calcium content in the cement.

Washed granite stone powder was used as a medium for cultivation of mulberry. The crop was raised initially by planting the cuttings and using deionized water for watering the plants to a period of 125 days. Later they were pruned and Hoagland nutrients solution was added treatment-wise. The silkworm race, PM × NB₄D₂, was reared by using the leaves obtained through these treatments. The growth and development of silkworms was recorded periodically at each instar in the winter and summer seasons. Further, the cocoons obtained from these worms were subjected to post-harvest observations as per the procedure outlined by Choe (1983).

The sericin and fibroin contents of cocoons were estimated as per the procedure outlined by Jolly and Krishnaswami (1964). The correlation coefficient was worked out by adopting the procedure outlined by Cochran (1965). The nutritional status of mulberry leaf that was fed to silkworms is presented in Table I.

RESULTS AND DISCUSSION

First instar:

In both seasons, feeding of first instar larvae with mulberry leaves deficient in Ca (32.7 and 33.6 mg), Mg (32.7 and 35.6 mg) and S (31.9 and 35.0 mg) were significantly lower in larval weight as compared to feeding of leaves obtained through complete nutrients (39.4 mg) (Table I). Between seasons, the larval weight differed significantly, being more in the summer (36.1 mg) than in the winter season (34.2 mg).

Second instar:

The second instar larval weight did not differ significantly in the winter season due to feeding of leaves deficient in secondary nutrients (223 to 233 mg). In summer, larval weight recorded a significantly lower weight, due to feeding of leaves deficient in Ca (192 mg), Mg (204 mg) and S (190 mg) as compared to the control (218 mg). Between seasons, the differences in larval weight obtained through feeding of mulberry leaves deficient in secondary nutrients were significantly more in the winter season (229 mg) than in the summer season (202 mg).

Third instar (Table I):

In both seasons, feeding silkworms with mulberry leaves deficient in Ca (1156 and 1026 mg), Mg (1131 and 842 mg) and S (1181 and 819 mg) recorded a significantly lower larval weight as compared to the larval weight obtained through feeding of control leaves (1358 and 1127 mg). The larval weight was significantly higher in winter (1206 mg) than in summer (921 mg).

Fourth instar:

In the fourth instar, the larval weight obtained through feeding of silkworms with mulberry leaves deficient in secondary nutrients recorded a significantly lower larval weight as compared to the feeding of leaves obtained through control treatment (7.89 and 5.21 g, respectively in the winter and summer

Table I. Young and late-age larval weight as influenced by deficiency of secondary nutrients in winter and summer seasons.

Tableau I. Effet de la déficience en éléments nutritifs secondaires sur le poids des larves jeunes et matures en hiver et en été.

Treatments	I instar (mg)		II instar (mg)		III instar (mg)		IV instar (g)		V instar (g)		Secondary nutrients (per cent)		
	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Nutrient
Traitements	1er âge (mg)		2e âge (mg)		3e âge (mg)		4e âge (g)		5e âge (g)		Eléments nutritifs secondaires (%)		
	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Eléments
T ₁ - Ca	32.7	33.6	226	192	1156	1026	5.53	4.60	21.60	24.14	1.24	1.28	(Ca)
T ₂ - Mg	32.7	35.6	229	204	1131	842	5.75	4.69	23.00	24.45	0.24	0.28	(Mg)
T ₃ - S	31.9	35.0	223	190	1181	819	5.64	4.57	21.60	22.72	0.17	0.18	(S)
T ₄ - All / Tous	39.4	40.4	233	218	1358	1127	7.89	5.21	28.10	25.07	2.18	3.08	(Ca)
Control / Témoin													
F test / Test F	*	*	NS	*	*	*	*	*	*	*	-	-	
SEd ±	0.72	0.65	3.72	5.74	18.3	17.5	0.08	0.14	0.71	0.39	0.62	0.62	(Mg)
CD at 5 %	1.54	1.37	-	12.06	38.4	36.8	0.17	0.30	1.49	0.82	0.54	0.54	(S)
CV %	3.94	3.37	2.37	5.34	2.83	3.44	2.46	5.03	5.57	3.04			
MS	34.2	36.1	229	202	1206	921	6.2	4.76	23.58	24.09			
F test / Test F	*	*	*	*	*	*	*	*	NS				
SEd ±	0.51		1.47		34.76		0.09		0.61				
CD at 5 %	1.26		3.60		85.03		0.22		-				

SEd: Standard deviation / *Ecart type*.

CD: Critical difference / *Intervalle de confiance*.

CV: Coefficient of variation / *Coefficient de variation*.

MS: Mean of seasons / *Moyenne des saisons*.

seasons) (Table I). However, the larval weight was significantly higher in winter (6.2 g) than in summer (4.76 g).

Fifth instar (Table I):

In both seasons, the fifth instar weights were significantly lower due to feeding of mulberry leaves deficient in secondary nutrients as compared to the larval weight obtained through feeding of leaves with control treatment. The fifth instar weight did not differ significantly between seasons (23.6 to 24.1 g).

The larval weights in the first (39 and 40 mg) and third (1358 and 1127 mg) instars were reduced due to feeding mulberry leaves deficient in Ca, Mg and S. In the second instar, Ca and S deficiencies reduced the larval weights. The late-age larval weights were also reduced from 7.89 and 5.21 g in the fourth instar and 28.1 and 25.1 g in the fifth instar by feeding leaves deficient in Ca, Mg and S.

Ito and Nimura (1966) and Horie *et al.* (1967) found that Ca was essential and accelerated the growth of silkworms and hence needed in addition to N and P. Shyamala and Bhat (1968) found that both Ca and Mg were utilized with greater efficiency in earlier instars. In the present study, the importance of both Ca and Mg for young worms and late-age silkworms has been amply demonstrated. Besides, it has also been brought out that S is equally essential for full growth of both young and late-age worms, as observed from the reduction in their weight. These have also been confirmed through correlation studies (Table IV) which indicated generally that the first three instars were highly correlated with both Ca and S. For the late-age worms, the fourth instar was found to be correlated again with Ca and S. It thus brings out the fact that both Ca and S are directly playing a dominant role in the larval growth while Mg is found to help plant growth and in the second instar of larval weight. Radha *et al.* (1988) also brought out the fact that larval weight, cocoon weight and shell weight were all decreased by feeding silkworms with mulberry leaf deficient in calcium and magnesium by 24 per cent and sulphur by 19 per cent.

Mean cocoon weight:

In both seasons, the mean cocoon weight was significantly lower due to feeding of mulberry leaves deficient in secondary nutrients as compared to the control (1.60 and 1.54 g). In summer, feeding of silkworms with mulberry leaves deficient in Ca (1.42 g) and Mg (1.39 g) were on a par and recorded a significantly higher mean cocoon weight than feeding of mulberry leaves deficient in S (1.32 g) (Table II). The mean cocoon weight was higher in winter (1.51 g) than in summer (1.42 g).

Shell weight:

The shell weight obtained through feeding of mulberry leaves deficient in secondary nutrients recorded a significantly lower shell weight when compared to the control (0.233 and 0.266 g) in both seasons. However, the shell weight was higher in summer (0.228 g) than in winter (0.198 g). The shell percentage of cocoons obtained by feeding of silkworms with mulberry leaves deficient in secondary nutrients were significantly lower as compared to the control (14.46 and 17.23%) in both seasons. In summer, there were no differences in shell percentage among deficiency treatments (15.61 to 15.84 %). The shell percentage was higher in summer (16.10%) than in winter (13.05%).

Pupal weight:

The pupal weight obtained through feeding of mulberry leaves deficient in Ca, Mg and S (1.24, 1.23 and 1.25 g in winter and 1.17, 1.14 and 1.08 g in summer) recorded a significantly lower pupal weight as compared to the control (1.34 and 1.08 g). In summer, a lower pupal weight was observed in the S-deficient treatment (1.08 g) compared to Ca- and Mg-deficient treatments which were on a par with each other. The pupal weight in winter (1.26 g) was significantly higher than in summer (1.16 g) (Table II).

The silkworms fed with mulberry leaves deficient in Ca, Mg and S recorded a significantly lower filament length as compared to the control (727 m) in winter. Further, in summer, the silkworms fed with mulberry leaves deficient in Ca and S recorded a significantly lower filament length as compared to the control (723.3 m). Radha *et al.* (1988) have also reported a similar reduction in the filament length due to feeding of mulberry leaf deficient in Ca, Mg and sulphur. The filament length was higher in summer (685.3 m) than in winter (634.3 m).

Table II. Cocoon weight, shell weight, shell percentage and pupal weight as influenced by deficiency of secondary nutrients during the winter and summer seasons.

Tableau II. Effet de la déficience en éléments nutritifs secondaires sur le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse et le poids de la chrysalide en hiver et en été.

Treatments <i>Traitement</i>	Cocoon weight (g)		Shell weight (g)		Shell %		Pupal weight (g)	
	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer
	<i>Poids du cocon (g)</i>		<i>Poids de la coque (g)</i>		<i>Richesse soyeuse (%)</i>		<i>Poids de la chrysalide (g)</i>	
	<i>Hiver</i>	<i>Eté</i>	<i>Hiver</i>	<i>Eté</i>	<i>Hiver</i>	<i>Eté</i>	<i>Hiver</i>	<i>Eté</i>
T ₁ - Ca	1.49	1.42	0.192	0.219	12.85	15.61	1.24	1.17
T ₂ - Mg	1.49	1.39	0.194	0.218	12.99	15.73	1.23	1.14
T ₃ - S	1.47	1.32	0.175	0.209	11.89	15.84	1.25	1.08
T ₄ - All / Tous	1.60	1.54	0.233	0.266	14.46	17.23	1.34	1.23
F test / Test F	*	*	*	*	*	*	*	*
SEd ±	0.02	0.03	0.004	0.004	0.27	0.36	0.030	0.016
CD at 5%	0.04	0.06	0.009	0.011	0.56	0.75	0.063	0.034
CV %	3.36	3.21	4.34	3.33	4.04	3.78	4.60	2.53
MS	1.51	1.42	0.198	0.228	13.05	16.10	1.26	1.16
F test / Test F		*		*		*		*
SEd ±	0.01		0.002		0.12		0.014	
CD at 5%	0.02		0.004		0.31		0.035	

SEd: Standard deviation / *Ecart type*.

CD: Critical difference / *Intervalle de confiance*.

CV: Coefficient of variation / *Coefficient de variation*.

MS: Mean of seasons / *Moyenne des saisons*.

In both seasons, the denier of the single filament obtained through cocoons harvested by feeding the silkworms with mulberry leaves deficient in secondary nutrients, Ca (1.70 and 1.98), Mg (1.99 and 2.02) and S (1.62 and 1.87), was lower as compared to the control (2.26 and 2.29). Further, the denier obtained through Mg deficiency was higher than those of Ca and S deficiency treatments which were on a par. The denier was higher in summer (2.04) than in winter (1.89) (Table III).

The sericin content of cocoons obtained through feeding of silkworms with mulberry leaves deficient in Ca (29.22 and 28.31%), Mg (28.64 and 28.6%) and S (28.6 and 29.0%) recorded a

significantly higher sericin content, as compared to the control (24.30 and 24.6%) in both seasons. The sericin content of cocoons did not differ significantly (27.63 to 27.69%) between seasons.

The fibroin content of cocoons harvested through feeding of silkworms with mulberry leaves deficient in Ca (70.78% and 70.77%), Mg (71.43% and 71.35%) and S (70.87% and 71.42%) was significantly lower than that of the control (75.35% and 75.77%) in both seasons. However, the fibroin content did not differ significantly among deficiency treatments (Table III).

Table III. Filament length, denier, sericin and fibroin of cocoon as influenced by deficiency of secondary nutrients during the winter and summer seasons.

Tableau III. Effet de la déficience en éléments nutritifs secondaires sur la longueur et le titre de la bave et les contenus en sérécine et en fibroïne du cocon en hiver et en été.

Treatments	Filament length (m)		Denier		Sericin (%)		Fibroin (%)	
	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer
<i>Traitements</i>	<i>Longueur de la bave (m)</i>		<i>Titre</i>		<i>Sérécine (%)</i>		<i>Fibroïne (%)</i>	
	<i>Hiver</i>	<i>Été</i>	<i>Hiver</i>	<i>Été</i>	<i>Hiver</i>	<i>Été</i>	<i>Hiver</i>	<i>Été</i>
T ₁ - Ca	585.3	658.9	1.70	1.98	29.22	28.31	70.78	70.77
T ₂ - Mg	655.0	703.6	1.99	2.02	28.64	28.60	71.43	71.35
T ₃ - S	569.7	655.4	1.62	1.87	28.60	29.00	70.87	71.42
T ₄ - All / Tous	727.0	723.3	2.26	2.29	24.30	24.60	75.35	75.77
F test / Test F	*	*	*	*	*	*	*	*
SEd ±	17.8	18.9	0.05	0.07	0.61	0.60	0.59	0.62
CD at 5%	37.5	39.7	0.10	0.15	1.28	1.26	1.24	1.30
CV %	5.3	5.2	4.1	6.8	4.2	4.0	1.53	1.60
MS	634.3	685.3	1.89	2.04	27.69	27.63	72.34	72.33
F test / Test F	*		*		NS		NS	
SEd ±	17.4		0.025		0.09		0.07	
CD at 5%	43.5		0.062		-		-	

SEd: Standard deviation / *Ecart type*.

CD: Critical difference / *Intervalle de confiance*.

CV: Coefficient of variation / *Coefficient de variation*.

MS: Mean of seasons / *Moyenne des saisons*.

The mean cocoon and shell weights, shell percentage and pupal weight were all affected and got reduced when the silkworms were fed with Ca-, Mg- and S-deficient mulberry leaves, indicating the dire need of these nutrients also. Similarly, the quality aspects of filament length got reduced by 142 and 69 m with Ca deficiency, by 72 and 20 m with Mg deficiency and by 158 and 68 m with S deficiency. The denier also got reduced considerably with these deficiencies, which could be attributed to significant reductions in fibroin contents. With these reductions in fibroin, the sericin content significantly increased from 24 to 28 per cent with these treatments offering deficiencies of Ca, Mg

and S. Associated with these decreases in fibroin and increases in sericin, the filament length decreased considerably with the deficiencies of Ca, Mg and S.

Table IV. Interrelationship between larval weight, cocoon weight, silk quality and secondary nutrients correlation matrix during the winter and summer seasons.

Tableau IV. Matrice de corrélation entre le poids larvaire, le poids du cocon, la qualité de la soie et les éléments nutritifs secondaires en hiver et en été.

Intars/ Parameters		Nutrients		
		Ca	Mg	S
Ages/ Paramètres		Eléments nutritifs		
		Ca	Mg	S
I	1	0.762**	NS	0.584
	2	0.843**	NS	NS
II	1	NS	NS	NS
	2	0.712**	0.487*	0.441*
III	1	0.719**	NS	0.481*
	2	0.486*	NS	0.497*
IV	1	0.585**	NS	0.488*
	2	0.593**	NS	0.440*
V	1	NS	NS	NS
	2	NS	NS	NS
Cocoon weight <i>Poids du cocon</i>	1	0.614**	NS	0.443*
	2	0.457*	NS	0.764**
Shell weight <i>Poids de la coque</i>	1	0.727**	NS	0.548**
	2	0.660**	NS	0.701**
Filament length <i>Longueur de la bave</i>	1	0.709**	NS	NS
	2	NS	NS	NS
Denier <i>Denier</i>	1	0.849**	NS	0.476*
	2	0.574**	NS	0.320*
Fibroin <i>Fibroïne</i>	1	0.724**	NS	0.366*
	2	0.775**	NS	0.486*

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

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

1. Winter season / *Hiver.*

2. Summer season / *Eté.*

It is interesting to observe that there were highly positive correlations (Table IV) between characters like cocoon weight, shell weight, denier and fibroin with Ca and S. The filament length was interrelated only with Ca and not with S. These studies emphasize the importance of Ca and S to a great extent and of Mg to some extent. The studies by Subbarayappa (1987) indicated that CAN was responsible for improving the leaf yield and quality through enhancement of Ca and Mg uptake and thus benefitting the cocoon and silk characters. These current supplementary studies also open up a new possibility of bringing out such recommendations as to emphasize the dire need for not only NPK but also for Ca, Mg and S and that CAN can be one of the appropriate fertilizers suited for mulberry nutrition and in turn silkworm growth and silk characters.

REFERENCES

- ARSENEY R.F. (1957) Chem. Abst. (1958), 52, 20703 [as quoted in Final Technical Report by Shyamala M.B. and Bhat J.V. (1968)].
- CHOE B.H. (1983) Sericulture Technology. Seoul International University. Suveon, Korea, p. 254.
- COCHRAN W.G., COX G.M. (1965) Experimental Designs. 2nd Ed., John Wiley and Sons, Inc., New Delhi.
- DASGUPTA K. (1961) Feeding mulberry to silkworm, a comparative analytical study on the effect of feeding with different types of mulberry leaves obtained by different methods of cultivation on silkworm (*Bombyx mori* L.). Indian Silk, 1, 4.
- HORIE Y., WATANABE K., ITO T. (1967) Nutrition of the silkworm, *B. mori*. XVIII. Quantitative requirements for potassium, phosphorus, magnesium and zinc. Bull. Sericult. Exp. Sta., 22, 181-183.
- ITO M., MAOTSUDA N. (1966) Fundamental studies on fertilizer use in the mulberry fields (2). Role of organic materials. J. Sci. Soil and Manure, 37, 384-389.
- ITO T., NIMURA M. (1966) Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* L. Nutritive effects of minerals. Bull. Sericult. Exp. Sta., 20, 373-374.
- JOLLY MS., KRISHNASWAMI S. (1964) Sericin content in the cocoon of indigenous silkworm races (*Bombyx mori* L.). Indian J. Seric., 3, 17-18.
- MIYASHITA V. (1986) A report on mulberry cultivation and training methods, suitable to bivoltine rearing in Karnataka, 1-7.
- RADHA N.V., NAGARAJAN P., JAYARAJ S. (1988) Mineral deficiency in mulberry plants, *Morus* L., and its effect on economic characters of silkworm, *Bombyx mori* L. Madras Agric. J., 75 (11-12), 384-390.
- SHYAMALA M.B., BHAT T.V. (1968) Nutritional and physiological studies on the silkworm (*Bombyx mori* L.), its specific nutrients requirements and its nutrition in relation to the mineral nutrition of its host plant mulberry (*Morus indica*) and final technical report. Indian Institute of Science, Bangalore.
- SUBBARAYAPPA C.T. (1987) Effect of different sources of nitrogenous fertilizers on quality and yield of mulberry and cocoons. MSc (Agric.) Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore.
- TAKAGISHI H., SHIRATA K., KAWANCHI I., WATANABE K., HORIE Y. (1985) Effect of fertilization on leaf yield, quality of mulberry. Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan, 30, 65-79.
- VISWANATH A.P., KRISHNAMOORTHY K. (1982) Effect of foliar spray of micronutrients on the larval development and cocoon characters of silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J. Seric., 21-22, 1-6.

EFFET DU NOURRISSAGE AVEC DES FEUILLES DE MURIER DEFICITAIRES EN ELEMENTS NUTRITIFS SECONDAIRES SUR LA CROISSANCE ET LE DEVELOPPEMENT LARVAIRE, LE POIDS DU COCON ET LA QUALITE DE LA SOIE

M.A. SHANKAR, K. SHIVASHANKAR & M.C. DEVALAH

Department of Sericulture, University of Agricultural Sciences, Post Bag No. 2447, GKVK, Bangalore - 560 065, Inde.

On a étudié l'effet du nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires (Ca, Mg et S) sur la croissance du ver à soie et les paramètres post-cocon du ver à soie à deux saisons différentes. Le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires entraîne une diminution du poids larvaire par rapport au témoin à tous les âges, à l'exception du deuxième âge en hiver, qui n'est pas significatif. De plus, le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse et le poids nymphal moyens sont nettement inférieurs chez les lots nourris avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, Mg et S à ceux obtenus chez le témoin. En hiver, les larves nourries avec des feuilles déficitaires en Ca, Mg et S présentent une longueur de bave significativement inférieure à celle obtenue chez le témoin (727 m). En été, les larves nourries avec des feuilles déficitaires en Ca et S présentent une longueur de bave significativement inférieure à celle obtenue chez le témoin (723,3 m). Aux deux saisons, le déficit en Ca, Mg et S entraîne une diminution du titre de la bave par rapport au témoin (2,26 et 2,29). De plus, le déficit en Ca, en Mg et en S entraîne une augmentation du contenu en sérécine des cocons et une diminution de leur contenu en fibroïne.

INTRODUCTION

La croissance et le développement du ver à soie sont étroitement liés à la composition des feuilles de mûrier et à leur qualité, cette dernière entraînant à elle seule des variations de 38,2 % du développement (Miyashita, 1986). Les systèmes de culture intensive du mûrier peuvent altérer la productivité du sol et occasionner des pertes d'éléments nutritifs si le sol n'est pas entretenu et protégé de manière adéquate. On constate en outre une déficience en éléments nutritifs secondaires et en micro éléments lorsque les sols sont traités en continu avec des engrais à haute teneur en matière active pour la culture de variétés de mûrier performantes. De plus, la diminution du recyclage des résidus culturaux et de la matière organique contribue pour une large part à la déficience en Ca, en Mg et S et autres éléments nutritifs chez le mûrier, déficience qui se traduit par une qualité médiocre des feuilles entraînant une baisse de rendement en cocons et de qualité de la soie produite. Ito et Maotsuda (1966) ont observé que l'application de compost entraînait une augmentation du taux de survie des larves, de la qualité des cocons et du rendement en soie. Dasgupta (1961) a établi que les caractères du cocon dépendaient de la valeur nutritive des feuilles.

Takagishi et coll. (1985) ont observé que la croissance du ver à soie et la qualité des cocons étaient significativement plus élevées avec les feuilles récoltées dans les parcelles traitées avec N, P, K et Ca qu'avec les feuilles témoins. Arseney (1957) a observé que 60 % du calcium appliqué se retrouvaient dans la soie sécrétée. Horie et coll. (1967) et Ito et Nimura (1966) ont observé que le K, le Mg, le Fe et le Zn étaient indispensables au ver à soie, tandis que le Mn et le Ca accéléraient la

croissance. Viswanath et Krishnamurthy (1982) ont observé que les larves de vers à soie nourries avec des feuilles de mûrier vaporisées avec du Mg (8 kg/ha) donnaient un rendement supérieur en cocons de 40 kg/ha et un poids du cocon moyen (1,54 g) supérieur à ceux du témoin. Une étude a donc été réalisée sur l'effet du nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, en Mg et en S sur la croissance et le développement des larves jeunes et matures, le poids du cocon et les caractères de la soie.

MATERIELS ET METHODES

Une expérience utilisant des cultures en pot a été réalisée en hiver et en été afin d'étudier l'effet de la déficience en éléments nutritifs secondaires (Ca, Mg et S) sur la croissance et le développement du mûrier. L'expérience a été réalisée suivant la configuration aléatoire avec sept réplicats dans des pots en ciment mesurant 45 × 45 × 45 cm (longueur × largeur × hauteur). Les pots ont été tapissés avec des feuilles en polyéthylène afin d'éviter le contact éventuel des racines avec les parois des pots en raison du calcium contenu dans le ciment.

Du granit en poudre lavé a été utilisé comme milieu de culture du mûrier. La mise en culture a été réalisée à partir de boutures plantées et les plants ont été arrosés avec de l'eau déionisée pendant 125 jours. Ils ont ensuite été taillés puis enrichis avec une solution d'éléments nutritifs Hoagland en fonction des traitements. La race de vers à soie PM × NB₄D₂ a été éduquée avec des feuilles obtenues par ces traitements. La croissance et le développement des larves ont été relevés périodiquement à chaque âge en hiver et en été. De plus, les cocons issus de ces larves ont été soumis à des observations selon le protocole présenté par Choe (1983).

Les contenus en sérécine et en fibroïne des cocons ont été évalués suivant le protocole présenté par Jolly et Krishnaswami (1964). Le coefficient de corrélation a été calculé en adoptant le protocole de Cochran (1965). La composition nutritionnelle des feuilles de mûrier données comme aliment est présentée dans le tableau I.

RESULTATS ET DISCUSSION

Premier âge :

Aux deux saisons, le nourrissage des larves du premier âge avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (32,7 et 33,6 mg), en Mg (32,7 et 35,6 mg) et en S (31,9 et 35,0 mg) entraîne une diminution significative du poids larvaire par rapport au nourrissage avec des feuilles de mûrier non déficitaires (39,4 mg) (Tableau I). Le poids larvaire varie de manière significative entre les saisons et est plus élevé en été (36,1 mg) qu'en hiver (34,2 mg).

Deuxième âge :

Le nourrissage avec des feuilles déficitaires en éléments nutritifs secondaires n'entraîne pas de différence significative du poids larvaire (223 à 233 mg) au deuxième âge en hiver. En été, le poids larvaire est nettement inférieur après nourrissage avec des feuilles déficitaires en Ca (192 mg), en Mg (204 mg) et en S (190 mg) à celui des témoins (218 mg). Pour ce qui concerne les saisons, le poids larvaire obtenu après nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires est nettement plus élevé en hiver (229 mg) qu'en été (202 mg).

Troisième âge (Tableau I) :

Aux deux saisons, le nourrissage des vers à soie avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (1156 et 1026 mg), en Mg (1131 et 842 mg) et en S (1181 et 819 mg) entraîne une diminution significative du poids larvaire par rapport au nourrissage avec des feuilles de mûrier témoins (1358 et 1127 mg). Le poids larvaire est nettement plus élevé en hiver (1206 mg) qu'en été (921 mg).

Quatrième âge :

Au quatrième âge, le poids larvaire obtenu chez les larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires présente une diminution significative par rapport à celui

obtenu après nourrissage avec des feuilles témoins (7,89 g en hiver et 5,21 g en été) (Tableau I). Cependant, le poids larvaire est significativement plus élevé en hiver (6,2 g) qu'en été (4,76 g).

Cinquième âge (Tableau I) :

Aux deux saisons, le poids larvaire au cinquième âge est nettement inférieur après nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires à celui obtenu par nourrissage avec des feuilles témoins. Le poids larvaire ne varie pas de manière significative entre les saisons (23,6 à 24,1 g).

Le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, en Mg et S entraîne une diminution du poids larvaire aux premier (39 et 40 mg) et troisième âges (1358 et 1127 mg). Au deuxième âge, le manque de Ca et de S entraîne également une diminution du poids larvaire. Aux derniers âges, le nourrissage avec des feuilles déficitaires en Ca, en Mg et en S entraîne également une diminution du poids larvaire (7,89 et 5,21 g au quatrième âge et 28,1 et 25,1 g au cinquième âge).

Ito et Nimura (1966) et Horie et coll. (1967) ont observé que le Ca était essentiel et accélérât la croissance du ver à soie et qu'il était donc nécessaire de l'ajouter au N et au P. Shyamala et Bhat (1968) ont observé que le Ca et le Mg étaient mieux utilisés aux premiers âges. Cette étude a permis de mettre en évidence l'importance du Ca et du Mg aussi bien pour les jeunes larves que pour les larves matures. En outre, il a également été démontré que le S est tout aussi essentiel à la croissance complète des jeunes larves et des larves matures. Ces résultats ont été confirmés par des études de corrélations (Tableau IV) indiquant, d'une manière générale, que la croissance aux trois premiers âges est fortement corrélée avec le Ca et le S. La croissance au quatrième âge est corrélée avec le Ca et le S. Ceci démontre que le Ca et le S jouent un rôle primordial dans la croissance larvaire tandis que le Mg contribue à la croissance de la plante, d'une part, et au poids larvaire au deuxième âge, d'autre part. Radha et coll. (1988) ont également démontré que le poids larvaire, le poids du cocon et le poids de la coque diminuaient de 24 % après nourrissage des larves avec des feuilles de mûrier déficitaires en calcium et en magnésium et de 19 % après nourrissage avec des feuilles déficitaires en soufre.

Poids moyen d'un cocon :

Aux deux saisons, le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires entraîne une diminution du poids moyen d'un cocon par rapport au témoin (1,60 et 1,54 g). En été, le nourrissage des larves avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (1,42 g) et en Mg (1,39 g) donnent des résultats comparables et nettement supérieurs à ceux obtenus pour le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en S (1,32 g) (Tableau II). Le poids moyen d'un cocon est plus élevé en hiver (1,51 g) qu'en été (1,42 g).

Poids de la coque :

Le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en éléments nutritifs secondaires entraîne une diminution significative du poids de la coque par rapport au témoin (0,233 et 0,266 g) pour les deux saisons. Cependant, le poids de la coque est plus élevé en été (0,228 g) qu'en hiver (0,198 g). La richesse soyeuse des cocons issus des larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaire en éléments nutritifs secondaires est nettement inférieure à celle du témoin (14,46 et 17,23 %) aux deux saisons. En été, la richesse soyeuse ne présente aucune différence entre les différents traitements (15,61 à 15,84 %). La richesse soyeuse est plus élevée en été (16,10 %) qu'en hiver (13,05 %).

Poids nymphal :

Le nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, Mg et S entraîne une diminution significative du poids nymphal (respectivement 1,24, 1,23 et 1,25 g en hiver et 1,17, 1,14 et 1,08 g en été) par rapport au témoin (1,34 et 1,08 g). En été, le poids nymphal est plus faible pour le lot déficitaire en S (1,08 g) que pour les lots déficitaires en Ca et Mg qui donnent des résultats sensiblement identiques. Le poids nymphal en hiver (1,26 g) est nettement supérieur à celui obtenu en été (1,16 g) (Tableau II).

La soie :

Les vers à soie nourris avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, en Mg et en S donnent des longueurs de bave nettement inférieures à celle obtenue pour le témoin (727 m) en hiver. De plus, en été, les larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca et en S présentent une longueur de bave nettement inférieure à celle du témoin (723,3 m). Radha et coll. (1988) ont observé une réduction identique de la longueur de la bave après nourrissage avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, en Mg et en soufre. La longueur de la bave est supérieure en été (685,3 m) à celle obtenue en hiver (634,3 m).

Aux deux saisons, le titre de la bave issue des cocons récoltés à partir de larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (1,70 et 1,98), en Mg (1,99 et 2,02) et en S (1,62 et 1,87) est inférieur à celui obtenu chez le témoin (2,26 et 2,29). De plus, le titre obtenu chez le lot soumis à la déficience en Mg est supérieur à ceux des lots soumis à la déficience en Ca et en S qui sont sensiblement identiques. Le titre est plus élevé en été (2,04) qu'en hiver (1,89) (Tableau III).

Le contenu en sérécine est nettement plus élevé chez les cocons issus des larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (29,22 et 28,31 %), en Mg (28,64 et 28,6 %) et en S (28,6 et 29,0 %) que chez le témoin (24,30 et 24,6 %) aux deux saisons. Le contenu en sérécine des cocons ne présente pas de différence significative (27,63 à 27,69 %) entre les saisons.

Le contenu en fibroïne des cocons issus de larves nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca (70,78 % et 70,77 %), en Mg (71,43 % et 71,35 %) et en S (70,87 % et 71,42 %) est nettement supérieur à celui du témoin (75,35 % et 75,77 %) aux deux saisons. Cependant, le contenu en fibroïne n'est pas différent selon les traitements (Tableau III).

Le poids moyen d'un cocon et le poids moyen d'une coque, la richesse soyeuse et le poids nymphal sont tous affectés et subissent une diminution lorsque les larves sont nourries avec des feuilles de mûrier déficitaires en Ca, en Mg et en S ; ce qui démontre l'importance de ces éléments nutritifs. Parallèlement, la longueur de la bave diminue de 142 et 69 m chez les lots déficitaires en Ca, de 72 et 20 m chez les lots déficitaires en Mg et de 158 et 68 m chez les lots déficitaires en S. Le titre diminue également considérablement pour tous les types de déficiences ; ceci pourrait être attribué à des diminutions significatives des contenus en fibroïne. Ces diminutions de la teneur en fibroïne s'accompagnent d'une augmentation significative du contenu en sérécine qui passe de 24 à 28 % chez les lots déficitaires en Ca, en Mg et S. Parallèlement à ces diminutions de fibroïne et à ces augmentations de sérécine, on observe une diminution considérable de la longueur de la bave chez les lots déficitaires.

Il est intéressant de noter qu'il existe des corrélations positives élevées (Tableau IV) entre certains caractères (poids du cocon, poids de la coque, titre et fibroïne) et le Ca et le S. La longueur de la bave est corrélée seulement avec le Ca. Ces études permettent de souligner l'importance du Ca et du S ainsi que, dans une moindre mesure, celle du Mg. Les études de Subbarayappa (1987) indiquent que l'ammonitrate de chaux (CAN) permet une amélioration du rendement et de la qualité de la soie par augmentation de l'ingestion de Ca et de Mg favorisant ainsi les caractères du cocon et de la soie. Ces études complémentaires permettent de mettre en place de nouvelles recommandations insistant sur la nécessité d'utiliser non seulement du NPK mais également du Ca, du Mg et du S, le CAN constituant un engrais adapté à la nutrition du mûrier et, de ce fait, à la croissance du ver à soie et aux caractères de la soie.

IMPACT OF FARMERS' TRAINING IN SERICULTURE

K. THANGAVELU

Central Tasar Research and Training Institute, P.O. Piska Nagri, Ranchi - 835 303, India.

Keywords: Sericulture, farmers' training, technology transfer, constraints, analysis.

INTRODUCTION

Modern life without research is perhaps unimaginable, research in agricultural, medical, industrial, nuclear, socio-cultural, and all other spheres of life have contributed significantly to the improvement in the quality of human life. In agro-based fields like agriculture, veterinary medicine, poultry, fisheries and sericulture, research is carried out at sophisticated laboratories in the Universities and Scientific Institutions and ultimately the research results are transferred to the farmers in the field for their adoption. In this process, we often encounter 'yield gaps' between lab and land. To minimise the yield gaps the planners and scientists often resort to farmers' training, farmers' study tours, farmers' seminars, field days, farm exhibitions, radio and television programmes and publication of books, pamphlets and brochures for the benefit of farmers and to popularise the new technology, improved package of practices and new crop varieties. Therefore all Indian Agricultural Universities and National Institutions involved in agriculture/sericulture have innumerable stipendiary and non-stipendiary farmers' training programmes of different durations and spend quite a lot of public funds on these training programmes. Central Silk Board being mainly responsible for the overall development of sericulture in this country also conducts different types of farmers' training programmes through their national/regional institutions, extension/technical service centres all over the country. The impact of farmers' training in sericulture was studied taking into account the experiences of farmers from Tamil Nadu as a case study. During the years 1986-89, the Regional Sericulture Research Station at Salem and the Research Extension Centres at Madurai, Coimbatore, Vedaranyam and Denkanikottai in Tamil Nadu conducted farmers' training programmes through the Chawki (young age silkworms) Rearing Centres.

During the study period, the sericulture farmers training programmes were conducted in as many as 18 villages (Table I). The farmers were given 2 months' stipendiary training programmes and paid Rs. 250/- per month for each farmer. The study was conducted among farmers of different socio-economic levels, education status and age group, and inference was drawn. The following observations were made to assess the impact:

- (a) technology adoption level,
- (b) technology preference,
- (c) impact on quality improvement, and
- (c) impact on productivity.

THE TECHNOLOGY

During these three years, the following new package of practices were taken to the sericulturists in Tamil Nadu, through the farmers' training programme.

- (a) New mulberry varieties, viz. S-36 and S-54.
- (b) Wider spacing for mulberry: 3' × 3' for S-36, S-54 and MR-2 and 2' × 2' for M-5.
- (c) Community chawki rearing method (young age silkworm rearing technique).

- (d) Application of biofertilizers, viz. azatobacter and azospirillum for mulberry plantation.
- (e) Dusting of Resham Keet Oushadh (RKO) on silkworms at moulting stage as a prophylactic measure against two important silkworm diseases, viz. muscardine (fungal) and grasserie (viral).
- (f) Use of uzicide to control the uzifly, a parasite of the silkworm.
- (g) Matured silkworm litter to be used for biogas production to substitute cow dung partially in the biogas plant.

Table I. Farmers' training centres for sericulture in Tamil Nadu.

Tableau I. Les centres de formation en sériciculture pour fermiers dans le Tamil Nadu.

Station	District	Village
Regional Sericulture Research Stations <i>Stations régionales de recherches séricicoles</i>	Salem	N.K.P. Road, K.K. Pudur, Puduppatti, P.M. Palayam, Kadathur
	Dharmapuri	Erulappatti
Research Extension Centres: <i>Centres annexes de recherches :</i>		
Denkani Kotai Madurai	Dharmapuri Dindigul	Anchetty, Marupalli Sukkampatti, Konapatti, Thottanamapatti, Srirampuram
Vedaranyam Coimbatore	Thanjavur Coimbatore Peryar	Ayakaranpulam, Kathripulam P.N. Palayam, Seeliyur Thottianthurai, Adukkalpalayam

TECHNOLOGY ASSESSMENT

(a) The new mulberry varieties give an additional leaf yield of at least 1500 kg mulberry leaves/acre in a year, under adequately irrigated condition (Raju *et al.*, 1990 ; Nagaraja *et al.*, 1991).

(b) Wider spacing for mulberry improves the mulberry leaf quality which improves the silkworm rearing and hence a prerequisite for successful silkworm rearing (Chaudhury *et al.*, 1991).

(c) The community chawki rearing method reduces the labour of a sericulturist at least by 6 days under the tropical climatic conditions prevailing in Tamil Nadu and healthy young age silkworms are supplied to farmers (Krishnaswami, 1988 ; Thangavelu and Veeraiah, 1991).

(d) Application of biofertilizers to mulberry plants reduces the cost on fertilizer by 50% (Rs. 500 to 600/acre) and the cost of the biofertilizer itself is very meagre (Rs. 45 to 50/acre) (Bongale and Nadiger, 1989 ; Anon., 1992).

(e) The other packages, viz. application of RKO considerably minimises the silkworm mortality due to diseases (Samson *et al.*, 1987) and the average increase in yield could be 5 kg cocoons for 20,000 eggs (actual yield = 45 kg/40,000 eggs) (1 box = 50 disease-free layings).

(f) The use of silkworm litter in the biogas plant generates additional fuel and the biodigested litter forms an excellent manure and eradicates contamination of silkworm disease through its litter (Thangavelu, 1987).

Table II. Technology preference and adoption level.

Tableau II. Préférence des technologies et pourcentage d'adoption.

Technology	Adoption level (%)	Reasons for adoption	Reasons for non-adoption
<i>Technologie</i>	<i>Pourcentage d'adoption</i>	<i>Raisons de l'adoption</i>	<i>Raisons de la non-adoption</i>
1. New mulberry varieties <i>1. Nouvelles variétés de mûriers</i>	15.5	Higher leaf yield <i>Rendement supérieur</i>	Not readily available, high input essential for high-yielding varieties. Not yet popular among farmers <i>Difficiles à obtenir, nécessitent un apport élevé. Pas encore répandues chez les fermiers</i>
2. Wider spacing <i>2. Espacement plus large</i>	64.4	No cost factor involved convinced through field demonstration <i>Pas de coût supplémentaire convaincus par démonstrations sur le terrain</i>	Do not want to change from traditional practice, still doubtful <i>Refus de modifier les traditions, peu convaincus</i>
3. Chawki rearing <i>3. Elevage jeunes larves</i>	80.0	Labour-saving and additional yield, more income <i>Réduction de main d'oeuvre augmentation du rendement et des revenus</i>	Distance from the chawki centre/extreme poverty/full utilization of own family labour <i>Distance du centre chawki/extrême pauvreté/pleine utilisation de la main d'oeuvre familiale</i>
4. Biofertilizers <i>4. Engrais biologiques</i>	02.0	Material was supplied free for demonstration purposes <i>Matériel fourni gratuitement lors des démonstrations</i>	Not yet convinced, not supplied through village chawki centres, not readily available to farmers <i>Pas encore convaincus, non fournis par les centres chawki locaux, difficile à obtenir</i>
5. Resham Keet Oushadh <i>5. Resham Keet Oushadh</i>	60.5	Convinced about the efficacy, low cost, cost-effective, readily available <i>Efficacité, faible coût rentabilité, disponibilité</i>	Extreme poverty/orthodox belief <i>Extrême pauvreté/croyance religieuse</i>
6. Uzicide <i>6. Uzicide</i>	10.0	For trial purposes farmers received free of cost from extension staff through training centre <i>Donné gratuitement aux fermiers par le personnel d'encadrement du centre de formation</i>	Not yet convinced, high cost, not effective as claimed by the scientists <i>Pas encore convaincus, coût élevé, peu efficace, contrairement à ce que prétendent les chercheurs</i>
7. Silkworm litter use in biogas plant <i>7. Déchets de vers à soie pour fermenteurs organiques</i>	08.0	Adopted by farmers with existing biogas plant as it is economical. Convinced of more biogas production <i>Adopté par les fermiers ayant déjà un fermenteur car économique Convaincus d'augmenter la production de gaz organique</i>	Biogas plants are very costly without subsidies. Hence new farmers did not put up biogas plant for utilization of silkworm litter for biogas purpose <i>Fermenteurs onéreux sans subventions Les fermiers ne peuvent donc pas installer de nouveaux fermenteurs utilisant les déchets de vers à soie pour la production de gaz organique</i>

AN OVERVIEW

The technology developed by the scientists is of high degree and the economic benefits accrue through most of the technology package is also unquestionable. But does the technology have its free accessibility to all the farmers, particularly the poor farmers ? In fact not, as the problems are many.

IMPACT OF FARMERS' TRAINING: ANALYSIS

Altogether, the package of practices included seven components, viz. four materials and three techniques. The materials included new mulberry varieties, biofertilizers, RKO and uzicide and the three techniques consisted of community chawki rearing, silkworm litter use in the biogas plant and wider spacing for mulberry. Multi $\times$ bivoltine crossbreed silkworm races, viz. PM $\times$ NB₄D₂, PM $\times$ NB₇, PM $\times$ NB₁₈ and PM $\times$ KA were reared by the farmers.

TECHNOLOGY PREFERENCE AND ADOPTION LEVEL

Among the seven technologies disseminated through farmers' training, chawki rearing (80%), wider spacing for mulberry (64.4%) and RKO application (60.5%) to control silkworm diseases were readily adopted by farmers. Biofertilizer application for mulberry (02.0%), uzicide application (10.0%) to control silkworm pests, new mulberry varieties (15.5%) and silkworm litter use in biogas plant (08.0%) received less interest from the farmers. The reasons are quite obvious. Low-cost and cost-effective technologies are readily accepted, viz. chawki rearing, wider spacing and RKO application. Materials which are not readily available lose sight of the farmers gradually as biofertilizers and new mulberry varieties were not readily available to them. Also technologies/products which are not cost-effective are not preferred by the farmers, uzicide was costlier and less effective (Siddapaji and Kotikal, 1988) and biogas plants without subsidies was exorbitantly costlier and hence farmers adoption of this technology was lower (Table II).

TECHNOLOGY ADOPTION LEVEL AND SOCIO-ECONOMIC FACTORS OF THE FARMER

The study relating to technology adoption level among different age groups, socio-economic and educational status of the farmers indicate clearly that young and middle-aged farmers who are economically sound respond readily for adoption of new technologies compared to older people and economically weaker farmers (Table III).

The farmers who are matriculate and above evince keen interest in the new technology and particularly the educated farmers of the age group 20-45 evinced highest interest in new technology adoption (85% and above) and the farmers of the same age group with 8th standard and above and below matriculation also showed a high degree of adoption level (65% and above).

IMPACT ON QUALITY

Farmers who adopted wider spacing for mulberry and chawki rearing harvested more cocoons and crop loss was almost negligible. Wider spacing for mulberry resulted in production of good quality mulberry leaf, which is a prerequisite for successful silkworm crop. Further, chawki rearing through trained manpower and technical supervision resulted in the supply of healthy and robust young-age silkworms which could withstand the onslaught of diseases and resulted in successful silkworm crops. Thus good quality leaf and healthy young-age silkworms assured silkworm crop success.

IMPACT ON PRODUCTIVITY

The cocoon yield of farmers who adopted chawki rearing only harvested 2.5 to 3.5 kg additional cocoons/box of 20,000 eggs and earned Rs. 500/- per crop more than their counterparts (actual yield

range 35-40 kg/40,000 eggs). The additional cocoon yield and income of the farmers who adopted wider spacing in addition to chawki rearing were still higher. The farmers who adopted new mulberry varieties, wider spacing and chawki rearing harvested an additional 5 kg cocoons/box (45 kg/40,000 eggs, actual yield) and earned Rs. 1000/- per crop additional income as compared to other farmers (among control farmers, the actual yield was 30 kg/40,000 eggs).

Table III. Technology adoption level among different age groups and economic status of the farmers.

Tableau III. Pourcentage d'adoption des technologies en fonction des différentes tranches d'âges et du niveau économique des fermiers.

Age group	Category of economic status	Technology adoption level (%)
<i>Tranche d'âge</i>	<i>Niveau économique</i>	<i>Pourcentage d'adoption des technologies</i>
20-35	(a)	≥ 80
	(b)	≥ 60
	(c)	≥ 40
	(d)	< 40
36-45	(a)	≥ 70
	(b)	≥ 40
	(c)	≥ 20
	(d)	< 20
46-55	(a)	≥ 50
	(b)	≥ 20
	(c)	< 20
	(d)	0
56 and above <i>56 ans et plus</i>	(a)	≥ 20
	(b)	< 20
	(c)	0
	(d)	0

(a) = Above average / Supérieur à la moyenne.

(b) = Average / Moyen.

(c) = Marginal / Précaire.

(d) = Poor / Pauvre.

REFERENCES

- ANON. (1992) Biofertilizer—Boon for sericulturists. News Bull. CSRTI, Mysore.
- BONGALE U.D., NADIGER G.S. (1989) The role of biofertilizers in mulberry cultivation. *Indian Silk*, 28(1), 34-37.
- CHOUDHURY P.C., SHUKLA P., GHOSH A., MALLIKARJUNA B., SENGUPTA K. (1991) Effect of spacing, crown height and method of pruning on mulberry leaf yield, quality and cocoon yield. *Indian J. Seric.*, 30(1), 24-25.
- KRISHNASWAMI S. (1988) Chawki—The crucial input for the success of the sericulture. *Indian Silk*, 26(1), 82-87.
- RAJU CH. S., PALLAVI S.N., MUNIRATHANAM REDDY M., SURYANARAYANA N., SINGHAL B.K., SENGUPTA K. (1990) Evaluation of four new mulberry varieties through silkworm rearing under irrigated conditions. *Indian J. Seric.*, 29(2), 240-247.
- SAMSON M.V., BAIG M., JOLLY M.S. (1987) Resham Keet Oushadh—Prospective bed disinfectant against grasserie and muscardine. *Indian Silk*, 25(11), 16-18.
- SIDDAPAJI C., KOTIKAL Y.K. (1988) Effect of uzicide against the Indian uzifly on mulberry silkworm. *Current Res.*, 17, 165-167.
- THANGAVELU K. (1987) Fuel from silkworm litter. *Indian Silk*, 26(1), 27-29.
- THANGAVELU K., VEERAAIAH T.M. (1991) Impact of chawki rearing centres in Tamil Nadu. *Indian Silk*, 29(12), 43-46.

IMPACT DE LA FORMATION DES FERMERS EN SERICICULTURE

K. THANGAVELU

Central Tasar Research and Training Institute, P.O. Piska Nagri, Ranchi - 835 303, Inde.

INTRODUCTION

La vie moderne sans la recherche est inconcevable. La recherche en agriculture, en médecine, dans l'industrie, le nucléaire, le domaine socio-culturel et dans toutes les autres sphères touchant à l'activité humaine a contribué pour beaucoup à l'amélioration de la qualité de la vie. Dans les domaines basés sur l'agronomie, comme l'agriculture, la médecine vétérinaire, l'aviculture, la pêche et la sériciculture, les recherches se font dans des laboratoires sophistiqués dans les universités et instituts scientifiques, les résultats obtenus sont à terme transmis sur le terrain pour être appliqués. Au cours de ce processus, on constate souvent l'apparition de "pertes en ligne" du laboratoire au terrain. Afin de minimiser ces pertes, les planificateurs et les scientifiques organisent, à l'intention des fermiers, des stages de formation, des voyages d'études, des séminaires, des journées de travail, des salons, des émissions de radio et de télévision et publient des livres, des opuscules et des brochures afin de vulgariser les nouvelles technologies, les méthodes culturales améliorées et les nouvelles variétés. Pour cette raison, les universités agricoles et les institutions nationales concernées par l'agriculture et/ou la sériciculture offrent d'innombrables stages de formation rémunérés ou non pour les fermiers, de durée variable, et consacrent une large part des fonds publics à ces programmes de formation. Le Central Silk Board (Bureau central de la soie), qui supervise le développement de la sériciculture en Inde, dispense également différents types de programmes de formation à travers ses instituts régionaux et nationaux et les centres annexes de recherche sur l'ensemble du pays. L'impact de la formation des fermiers en sériciculture a été étudié en se basant sur l'expérience de la formation des fermiers du Tamil Nadu. Au cours des années 1986-89, la Regional Sericulture Research Station de Salem et les Research Extension Centres de Madurai, Coimbatore, Vedaranyam et Denkanokottai dans le Tamil Nadu ont dispensé des programmes de formation à l'intention des fermiers par l'intermédiaire des centres d'élevage chawki (jeunes larves)

Au cours de la période d'étude, les programmes de formation séricicole ont été conduits dans 18 villages (Tableau I). Les fermiers ont bénéficié d'une formation de 2 mois rémunérée à raison de 250 roupies par mois et par fermier. L'étude a été réalisée sur un échantillon de fermiers représentant différents milieux socio-économiques, différents niveaux d'études et différentes tranches d'âges. Les paramètres considérés pour l'évaluation de l'impact de la formation sont les suivants :

- a) degré d'adoption des technologies,
- b) technologie préférée,
- c) impact sur l'amélioration de la qualité,
- d) impact sur la productivité.

LA TECHNOLOGIE

Au cours de ces trois années, les nouvelles méthodes culturales suivantes ont été transmises aux sériciculteurs du Tamil Nadu par l'intermédiaire des programmes de formation :

- a) nouvelles variétés de mûrier : S-36 et S-54 ;
- b) espacement plus important des plants de mûrier : 3' × 3' pour S-36, S-54 et MR-2 et 2' × 2' pour M-5 ;
- c) méthode d'élevage chawki (élevage en masse des jeunes larves de vers à soie) ;
- d) application des engrais biologiques *Azotobacter* et *Azospirillum* dans les plantations de mûriers ;
- e) vaporisation de Resham Keet Oushadh (RKO) sur les vers à soie au stade mue comme mesure prophylactique contre deux maladies majeures : la muscardine (maladie fongique) et la grasserie (maladie virale) ;
- f) utilisation d'un uxicide pour éliminer la mouche uzi, parasite du ver à soie ;
- g) utilisation des déjections de vers à soie pour la production de gaz organique afin de remplacer partiellement la bouse de vache dans les fermenteurs.

EVALUATION DES TECHNOLOGIES

a) Les nouvelles variétés de mûrier donnent un rendement en feuilles supplémentaire d'au moins 1 500 kg de feuilles/acre par an dans des bonnes conditions d'irrigation (Raju et coll., 1990 ; Nagaraja et coll., 1991).

b) La plantation des mûriers à espacements plus importants améliore la qualité des feuilles de mûrier, amélioration qui se répercute sur les élevages de vers à soie et constitue donc une condition indispensable au succès des élevages (Chaudhury et coll., 1991).

c) La méthode de l'élevage en masse des jeunes larves permet de réduire d'au moins 6 jours la durée de travail d'un sériculteur dans les conditions tropicales du Tamil Nadu et de fournir des jeunes larves saines aux fermiers (Krishnaswami, 1988 ; Thangavelu et Veeraiah, 1991).

d) L'application d'engrais biologiques sur les plants de mûrier entraîne une réduction du coût d'amendement d'environ 50 % (500 à 600 roupies par acre), le coût de l'engrais biologique lui-même étant très faible (45 à 50 roupies/acre) (Bongale et Nadiger, 1989 ; Anonyme, 1992).

e) Enfin, l'application de RKO réduit considérablement la mortalité due aux maladies (Samson et coll., 1987) et l'augmentation moyenne du rendement est d'environ 5 kg de cocons pour 20 000 oeufs (rendement réel = 45 kg pour 40 000 oeufs) (1 boîte = 50 pontes saines).

f) L'utilisation des déjections de vers à soie dans les fermenteurs entraîne une production supplémentaire de combustible élimine les risques de propagation des maladies par les déchets, les déchets biodigérés constituant un compost excellent (Thangavelu, 1987).

VUE GLOBALE

La technologie mise au point par les scientifiques est très pointue et il est indiscutable que la plupart des méthodes culturales permettent une amélioration des bénéfices. La technologie est-elle facilement accessible à l'ensemble des fermiers et aux fermiers défavorisés en particulier ? En fait non car les problèmes sont nombreux.

ANALYSE DE L'IMPACT DE LA FORMATION DES FERMERS

Les nouvelles méthodes culturales comptent en tout sept composants : quatre d'ordre matériel et trois d'ordre technique. Les nouveaux matériels comprennent les nouvelles variétés de mûrier, les engrais biologiques, le RKO et l'uzicide et les trois techniques sont : élevage en masse des jeunes larves, utilisation des déchets de vers à soie dans les fermenteurs et agrandissement des espacements entre les mûriers. Les fermiers ont utilisés les croisements de vers à soie poly × bivoltins PM × NB4D2, PM × NB7, PM × NB18 et PM × KA.

PREFERENCE ET NIVEAU D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES

Sur les sept technologies enseignées au cours de la formation des fermiers, l'élevage en masse des jeunes larves (80 %), l'agrandissement de l'espacement entre les mûriers (64,4 %) et l'application de RKO (60,5 %) pour lutter contre les maladies du ver à soie ont été facilement acceptées par les fermiers. L'application d'engrais biologiques dans les plantations (02,0 %), l'application d'uzicide (10,0 %) pour lutter contre les parasites du ver à soie, les nouvelles variétés de mûrier (15,5 %) et l'utilisation des déchets de vers à soie dans les fermenteurs (08,0 %) ont été moins bien adoptées par les fermiers. Les raisons de ces résultats sont évidentes. Les technologies, lorsqu'elles sont peu coûteuses et rentables, sont facilement acceptées, ce qui est le cas de l'élevage en masse des jeunes larves, de l'espacement plus important des mûriers et de l'application de RKO. Les engrais biologiques et les nouvelles variétés de mûriers, difficiles à obtenir pour les fermiers, ne sont pas utilisés. Les technologies et produits non rentables ne sont pas adoptés par les fermiers, l'uzicide est plus cher et moins efficace (Siddapaji et Kotikal, 1988) et le prix des fermenteurs, pour les fermiers non subventionnés, est exorbitant ; ce qui explique le faible degré d'adoption de cette technologie (Tableau II).

NIVEAU D'ADOPTION DES TECHNOLOGIES ET FACTEURS SOCIO-ECONOMIQUES

L'étude du niveau d'adoption des technologies en fonction de la tranche d'âge, du niveau socio-économique et de l'éducation des fermiers indique clairement que les fermiers jeunes ou d'âge moyen, dont la situation financière est solide, adoptent plus volontiers les nouvelles technologies que les fermiers âgés et économiquement défavorisés (Tableau III).

Les fermiers dont le niveau d'études est de 10 ans d'école ou plus manifestent un vif intérêt pour les nouvelles technologies et les fermiers ayant fait des études et appartenant à la tranche d'âge 25-35 ans adoptent le plus facilement (85 %) les nouvelles technologies ; les fermiers de la même tranche d'âge, dont le niveau d'études se situe entre 8 et 10 ans d'école et plus, présentent également un degré élevé d'adoption (65 % et plus).

IMPACT SUR LA QUALITE

Les fermiers qui ont adopté l'agrandissement de l'espacement pour les mûriers et l'élevage en masse des jeunes larves ont récoltés davantage de cocons et les pertes ont été négligeables. L'agrandissement de l'espacement entre les mûriers entraîne la production de feuilles de mûrier de bonne qualité ; condition indispensable au succès de l'élevage. De plus, l'élevage en masse des jeunes larves par des ouvriers qualifiés et bénéficiant d'une supervision technique a permis de fournir des larves robustes et saines capables de résister aux maladies et donnant d'excellentes récoltes. La fourniture de feuilles de bonne qualité et de jeunes larves saines a donc assuré le succès de la récolte.

IMPACT SUR LA PRODUCTIVITE

Les fermiers qui ont adopté l'élevage en masse des jeunes larves n'ont récolté que 2,5 à 3,5 kg supplémentaires de cocons par boîte de 20 000 oeufs et gagné 500 roupies par récolte de plus que les autres (fourchette réelle : 35 à 40 kg/40 000 oeufs). L'augmentation du rendement en cocons et des revenus chez les fermiers qui ont adoptés l'espacement plus large en plus de l'élevage en masse des jeunes larves est plus élevée. Les fermiers ayant adopté les nouvelles variétés de mûrier, l'espacement plus large et l'élevage en masse des jeunes larves ont récoltés 5 kg supplémentaires de cocons par boîte (45 kg/40 000 oeufs, rendement réel) et ont gagné 100 roupies de plus par récolte que les autres fermiers (chez les fermiers témoins, le rendement réel est de 30 kg/40 000 oeufs).

FEEDING FREQUENCY: THE ECONOMIC POTENTIALITY AND EFFICACY IN TROPICAL BIVOLTINE REARING DURING THE FAVOURABLE SEASON

S. DAS, P.K. SAHA, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN

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

When the daily required quantity of leaves was provided in two equal halves from the 3rd instar onwards and the freshness of leaves was maintained, bivoltine silkworm rearing was not much affected in the favourable season. The present study indicates that the quantity and freshness of leaves are more important than the frequency of feeding. Twice feeding daily showed higher economic potentiality than the traditional four feedings in manpower savings and net profit.

Keywords: Feeding frequency, tropical bivoltine rearing, economic efficiency, *Bombyx mori*, favourable season.

INTRODUCTION

As per recommendations, silkworms are fed 4 times daily with an interval of 5-8 hours or more although the number of feeds given vary somewhat from place to place. A previous investigation of this laboratory (Das *et al.*, 1991) revealed that during the 5th instar bivoltine silkworms could be fed twice daily without considerable deterioration of the economic characters of cocoons provided that the quantity of leaf required for four feedings was supplied in two equal halves and the freshness of the leaves supplied was secured by maintaining the optimum humidity of the rearing bed. Narayanan and Chawla (1965) observed no significant difference in single cocoon weight, single shell weight, floss percentage, filament length and denier in two multivoltine silkworms when the worms were fed 3 times, 4 times and 5 times daily. He *et al.* (1987) reported that larvae of *Bombyx mori* when fed 2 or 3 times daily had lower cocoon weights and cocoon layers compared with those fed 4 times daily but labour savings compared with the latter were 50 and 25 per cent, respectively. They concluded that the economic efficiency of feeding 2 or 3 times daily was higher when savings were taken into account. The present investigation was carried out with the aim to determine whether in our country twice feeding daily from the 3rd instar onwards could be practiced especially when the climatic conditions are most favourable for silkworm rearing.

MATERIALS AND METHODS

The bivoltine hybrid, KPG-B $\times$ P₅, was reared during October-November '91 on mulberry leaves (variety S₁) with utmost care up to the 2nd moult (chawki rearing, Krishnaswami, 1979). After the 2nd moulting, the worms were separated in two groups - one with twice feeding daily (at 6 am and 4 pm) and the other with the usual 4 times feeding. Each group was replicated 5 times, each replicate containing 50 worms. The daily requirements of mulberry leaves were calculated following the recommendation of Ullal and Narasimhanna (1987) and Benchamin and Nagaraj (1987). Special care was taken to prevent the withering of supplied leaves in the rearing beds of the twice feeding daily. The rearing space provided to each group of worms was identical.

Table I. Effect of the feeding frequency on bivoltine silkworms (KPG-B $\times$ P₅) from the 3rd instar onwards.Tableau I. Effet de la fréquence de nourrissage sur les vers à soie bivoltins (KPG-B $\times$ P₅) à partir du 3e âge.

No. of feedings per day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Nombre de nourrissages par jour</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
2	41.30	43.60	66.40	45.00	67.80	9000	13560.0	54.24	1.521	0.289	18.99	2599.6	753.6
4	49.90	43.60	66.70	46.00	69.5	9200	13900.0	55.60	1.584	0.312	19.67	2873.2	772.8
SEd	0.474	2.668	4.168	3.225	4.546	644.981	909.175	3.637	0.021	0.006	0.179	221.997	81.772
t value	3.373*	0.000	0.072	0.310	0.374	0.310	0.374	0.374	2.937*	3.678*	3.777*	1.232	0.235

Each value represents the mean from 5 observations / Chaque valeur constitue la moyenne de 5 observations.

SEd: Standard error difference / Ecart type.

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

Legend to table / Légende du tableau :

1: Weight of 10 mature larvae (g) / Poids de 10 larves matures (g).

2: No. of good cocoons / Nombre de bons cocoons.

3: Weight of good cocoons (g) / Poids des bons cocons (g).

4: Total cocoons harvested / Total de cocons récoltés.

5: Weight of total cocoons (g) / Poids total des cocons (g).

6: Yield/10,000 larvae by number / Rendement en nombre pour 10 000 larves.

7: Yield/10,000 larvae by weight / Rendement en poids pour 10 000 larves.

8: Yield/100 dfls (kg) / Rendement pour 100 pontes saines (kg).

9: Single cocoon weight (g) / Poids d'un cocon (g).

10: Single shell weight (g) / Poids d'une coque (g).

11: Silk ratio (%) / Richesse soyeuse (%).

12: Absolute silk content (g) / Contenu absolu en soie (g).

13: Filament length (m) / Longueur de la bave (m).

Observations were made on the weight of 10 mature larvae, larval period, yield/10,000 larvae by number (ERR no.) and by weight (ERR wt), number and weight of good cocoons harvested, yield per 100 disease-free layings, cocoon weight, shell weight, cocoon shell ratio (SR %), absolute silk content and filament length. The data were subjected to statistical analysis to determine the level of significance between the variations recorded in the data on the parameters mentioned above by using the conventional 't' test.

The average temperature and relative humidity recorded during the period of the present investigation were $26 \pm 1^\circ\text{C}$ and $75 \pm 5\%$, respectively.

RESULTS

Analysis of the rearing data (Table I) revealed that important economic characters like number of good cocoons harvested, weight of good cocoons, yield per 100 disease-free layings, ERR number, ERR weight, absolute silk content and filament length exhibited no significant difference between the two groups although other important economic characters like weight of 10 mature larvae, single cocoon weight, single shell weight and SR % were significantly higher ($P < 0.05$) in the 4 times feeding group over the twice feeding group and the per cent increase of larval weight, single cocoon weight, single shell weight and SR % were 3.87%, 4%, 7.9% and 3.58%, respectively. The larval period was increased by one day in the twice feeding group.

DISCUSSION

The present findings indicate that in bivoltine silkworm rearing the quantity of food and leaf in fresh condition are more important than the frequency of feeding. To avoid withering of leaves, it is generally recommended to feed the worms at certain intervals. However, in large-scale rearing at farmers' level the time and the labour cost have to be considered particularly when the climatic conditions favour silkworm rearing. The yield of green cocoons per 100 disease-free layings is decreased by only one kg (Table I) in the twice feeding group but if one considers the economics the situation will be different. The total period required for normal rearing with 4 times feeding from the 3rd instar to spinning was around 15 days and in the case of twice feeding it was one day more, i.e. 16 days. The recommended man-days for rearing 400 disease-free layings (after chawki rearing) is 4 man-days/day and the total man-days required will be $4 \times 15 = 60$. In the case of the twice feeding group, the required man-days will be $2 \times 16 = 32$ and the savings in expenditure will be $(60 - 32) \times 28 \times \text{Rs. } 20 = \text{Rs. } 560$ (at the rate of Rs. 20/- per man-day). Now the decreased yield in cocoons for 400 disease-free layings, in the case of twice feeding, will be 4 kg and the cost of it $4 \times \text{Rs. } 115 = \text{Rs. } 460$. The savings in expenditure therefore is more than the loss in yield. Moreover, twice feeding per day will also save considerable time and the commercial rearers can utilize the time in their household work or for better maintenance of their mulberry fields or other cash crops.

One thing is clear from this investigation that the number of feeds did not affect too much as the quantity of food and nutritional quality or freshness of the leaves were maintained. It is very essential that the leaves should remain nutritionally acceptable to the feeding larvae for their proper growth and development.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to Mr B.P. Nair for his help in the statistical analysis of the data.

REFERENCE

- BENCHAMIN K.V., NAGARAJ C.S. (1987) Silkworm rearing techniques, p. 94-95. *In* Appropriate Sericulture Techniques (Ed. M.S. Jolly), ICTRETS, Mysore, India.
 DAS S., SHAMSUDDIN M., SENGUPTA K. (1991) Minimization of feeding frequency has no adverse effect of the bivoltine crop production in West Bengal. *Indian Silk*, 30(8), 30.

- HE G.-H., WU P.-Z., HUANG Y.-G. (1987) Economic efficiency of scarce rearing of *Bombyx mori*. Guangdong Agric. Sci., 3, 23-25.
- KRISHNASWAMI S. (1979) Improved method of rearing young age silkworms. CSRTI, Mysore, India, Bull. No. 3.
- NARAYANAN E.S., CHAWLA S.S. (1965) Effect of frequency of feeding on the growth and development in two races of silkworm, Local Mysore and Shungetsu Hosho. Indian J.. Seric., 4(4), 1-3.
- ULLAL S.R., NARASIMHANNA M.N. (1987) Handbook of Practical Sericulture, p. 106. 3rd ed., Central Silk Board, Bangalore, India.

FREQUENCE DE NOURRISSAGE : POTENTIEL ET RENTABILITE ECONOMIQUES DANS L'ELEVAGE TROPICAL DES VERS A SOIE BIVOLTINS AU COURS DE LA SAISON FAVORABLE

S. DAS, P.K. SAHA, M. SHAMSUDDIN & S.K. SEN

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

Lorsque la quantité journalière requise de feuilles est donnée en deux moitiés égales à partir du 3^e âge et si la fraîcheur des feuilles est préservée, cela n'entraîne aucun effet négatif sur les élevages de vers à soie bivoltins à la saison favorable. Cette étude indique que la quantité et la fraîcheur des feuilles sont plus importantes que la fréquence de nourrissage. Une fréquence de nourrissage biquotidienne présente une rentabilité plus élevée que la méthode traditionnelle, basée sur quatre nourrissages quotidiens, en termes d'économie de main d'oeuvre et de bénéfices nets.

INTRODUCTION

Selon les recommandations, les vers à soie sont nourris quatre fois par jour à intervalles de 5 à 8 heures ou plus, bien que le nombre de nourrissages varie légèrement d'un endroit à l'autre. Une étude antérieure réalisée par ce laboratoire (Das et coll., 1991) a révélé que les vers à soie bivoltins pouvaient, au 5^e âge, être nourris deux fois par jour sans que cela entraîne une détérioration sensible des caractères économiques des cocons si la quantité de feuilles requise pour les quatre nourrissages est donnée en deux moitiés égales et si la fraîcheur des feuilles est préservée en assurant une humidité optimale de la litière d'élevage. Narayanan et Chawla (1965) n'ont observé aucune différence significative pour ce qui concerne le poids d'un cocon, le poids d'une coque, la richesse soyeuse, la longueur et le titre de la bave chez deux races de vers à soie polyvoltins entre les larves alimentées 3 fois, 4 fois et 5 fois par jour. He et coll. (1987) ont observé que le poids du cocon et la richesse soyeuse des larves de *Bombyx mori* nourries 2 ou 3 fois par jour étaient inférieurs à ceux des larves nourries quatre fois par jour mais que l'économie de main d'oeuvre par rapport au nourrissage traditionnel était respectivement de 50 et 25 %. Ils en ont conclu que la rentabilité était plus importante si l'on tient compte des économies réalisées en nourrissant les larves 2 à 3 fois par jour. Cette étude vise à déterminer si le nourrissage biquotidien à partir du 3^e âge peut être appliqué dans notre pays, particulièrement lorsque les conditions climatiques sont favorables à l'élevage du ver à soie.

MATERIELS ET METHODES

L'hybride bivoltin KPG-B × P₅ a été élevé en octobre-novembre 1991 sur des feuilles de mûrier (variété S₁) avec le plus grand soin jusqu'à la deuxième mue (élevage des jeunes larves, Krishnaswami, 1979). Après la 2^e mue, les larves ont été réparties en deux groupes : l'un soumis à un nourrissage biquotidien (à 6h00 et à 16h00) et l'autre au nourrissage traditionnel quatre fois par jour. Chaque groupe est répété 5 fois, chaque réplicat contenant 50 larves. Les besoins journaliers en feuilles de mûrier ont été calculés d'après les recommandations de Ullal et Narasimhanna (1987) et de Benchamin et Nagaraj (1987). On a veillé particulièrement à prévenir le flétrissement des feuilles placées dans les litières des lots soumis au nourrissage biquotidien. L'espace d'élevage est identique pour tous les groupes d'élevage.

Les observations portent sur le poids de 10 larves matures, la durée larvaire, le rendement pour 10 000 larves (nombre et poids), le nombre et le poids de bons cocons récoltés, le rendement pour 100 pontes saines, le poids du cocon, le poids de la coque, la richesse soyeuse (%), le contenu absolu en soie et la longueur de la bave. Les données ont été soumises à une analyse statistique utilisant le test "t" pour déterminer le niveau de signification des variations enregistrées.

La température moyenne et l'humidité relative enregistrée au cours de la période expérimentale sont respectivement de 26 ± 1 °C et 75 ± 5 %.

RESULTATS

L'analyse des données d'élevage (Tableau I) révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes pour certains des caractères d'intérêt économique, comme le nombre de bons cocons récoltés, le poids de bons cocons, le rendement pour 100 pontes saines, le rendement pour 10 000 larves (nombre et poids), le contenu absolu en soie et la longueur de la bave, bien que d'autres caractères économiquement importants, comme le poids de 10 larves matures, le poids d'un cocon, le poids d'une coque et la richesse soyeuse, soient significativement supérieurs ($P < 0,05$) chez le lot nourri quatre fois par jour par rapport au lot nourri deux fois par jour ; le pourcentage d'augmentation étant de 3,87 % pour le poids larvaire, de 4 % pour le poids du cocon, de 7,9 % pour le poids d'une coque et de 3,58 % pour la richesse soyeuse. La durée larvaire augmente d'un jour chez le lot nourri deux fois par jour.

DISCUSSION

Les résultats présentés ici indiquent que, chez les vers à soie bivoltins, la quantité de nourriture et de feuilles fraîches est plus importantes que la fréquence de nourrissage. Afin de prévenir le flétrissement des feuilles, on recommande généralement de nourrir les larves à intervalles donnés. Cependant, dans les élevages à grande échelle chez les fermiers, il faut tenir compte du temps passé et du coût de la main d'œuvre, principalement lorsque les conditions climatiques sont favorables à l'élevage du ver à soie. Le rendement en cocons frais pour 100 pontes saines diminue seulement de 1 kg (Tableau I) chez le lot soumis à un nourrissage biquotidien ; cependant, en termes de rentabilité, la situation peut être considérée différemment. La durée totale d'un élevage normal comportant 4 nourrissages par jour du 3^e âge au filage est d'environ 15 jours et de 16 jours pour un nourrissage biquotidien. Le nombre d'unités de travail recommandées pour élever 400 pontes saines (après élevage des jeunes larves) est de 4 unités de travail/jour soit un total d'unités de travail de $4 \times 15 = 60$. Dans le cas du nourrissage biquotidien, le nombre d'unités de travail nécessaires est de $2 \times 16 = 32$, soit une économie de $(60 - 32) \times 20$ roupies = 560 roupies (à raison de 20 roupies par unité de travail). Par ailleurs, la diminution du rendement en cocons pour 400 pontes saines est de 4 kg et son coût de 4×115 roupies = 460 roupies. L'économie des dépenses est donc supérieure à la perte de rendement. De plus, le nourrissage biquotidien permet des gains de temps considérables que les sériciculteurs peuvent utiliser pour leurs propres besoins ou pour entretenir leurs champs de mûrier ou leurs autres cultures.

Cette étude montre clairement que le nombre de nourrissage a peu d'effets négatifs si l'on maintient la quantité de nourriture et la qualité nutritionnelle des feuilles. Il est absolument indispensable, pour une bonne croissance et un bon développement des larves, que les feuilles demeurent nutritionnellement acceptables.

BIOCHEMICAL CHANGES IN THE HAEMOLYMPH OF THE SILKWORM, *BOMBYX MORI* L., DURING THE PROGRESSIVE INFECTION OF NUCLEAR POLYHEDROSIS VIRUS (BmNPV)

B.J. SARMA*, M.V. SAMSON**, V. SIVAPRASAD, M. BALAVENKATASUBBAIAH & R.K. DATTA

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

Quantitative biochemical changes, viz., plasma total proteins, carbohydrates and lipids, were estimated during the progressive infection with BmNPV in the haemolymph of the silkworm. Hypoproteinemia, decreased carbohydrate content up to the 5th day of infection and increased lipid content were observed as compared to the haemolymph from healthy larvae.

Keywords: *Bombyx mori*, nuclear polyhedrosis virus, haemolymph, progressive infection.

INTRODUCTION

Nuclear polyhedrosis of the silkworm, *Bombyx mori* L., is caused by the nuclear polyhedrosis virus (BmNPV). BmNPV is a member of the subgroup A Baculoviridae. In many insects, as in lepidoptera, the blood is a principle vehicle for observing the progress of baculovirus pathology. The haemolymph yields information on the course of the virus disease regarding haemocytes, haemolymph proteins, carbohydrates and lipids, phagocytosis and rank infection of haemolymph in bioassay may reveal the progress of infection. Mazzone (1985) reviewed the pathophysiology associated with baculovirus infection. Scant literature is available regarding the changes in the haemolymph in the course of BmNPV infection in *B. mori*. The authors report here on the quantitative changes of haemolymph plasma proteins, carbohydrates and lipids during the progressive BmNPV infection in *B. mori* larvae.

MATERIALS AND METHODS

A popular bivoltine pure race (NB₁₈) of silkworms was reared following the standard methods of silkworm rearing (Krishnaswami *et al.*, 1973). Immediately after the IV moult, the larvae were per orally inoculated with an infective dose of BmNPV polyhedra (7×10^4 /ml/100 larvae) smeared on mulberry leaves. Larvae mock inoculated with distilled water smeared on mulberry leaves were treated as controls. After induction of infection, three samples of 10 larvae each were randomly selected from both control and NPV-infected batches after 0, 1, 3, 5 and 7 days. The haemolymph was collected and pooled from each sample in the presence of a few specks of phenylthiourea by puncturing the abdominal legs. Total proteins (Lowry *et al.*, 1951), carbohydrates by phenol-sulphuric acid method (Dubois *et al.*, 1956) and lipids (Folch *et al.*, 1951) were estimated from the plasma of haemolymph samples.

* Assistant Director of Sericulture, Andhra Pradesh, India.

** Address for correspondence: Director, Silkworm Seed Technology Laboratory, Kodathi, Carmelram P.O., Bangalore - 560 035, India.

Table I. Biochemical changes in the haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori* L., during progressive infection with BmNPV.Tableau I. Modifications biochimiques de l'hémolymphe du ver à soie *Bombyx mori* L. au cours de l'infestation par BmNPV.

Haemolymph constituents (mg/ml)	Sample	Days after inoculation				
		0	1	3	5	7
Composants de l'hémolymphe (mg/ml)	Echantillon	Nombre de jours après l'inoculation				
		0	1	3	5	7
Total proteins	Healthy	25.083 ^a	31.333	35.583	51.250	94.916
Protéines totales	Sain	± 1.858	± 1.033	± 1.562	± 1.423	± 1.527
	Infected		27.167*	27.750*	45.853*	60.833*
	Infesté		± 1.252 (-13.30)	± 1.584 (-22.01)	± 1.083 (-11.06)	± 1.012 (-35.91)
Total carbohydrates	Healthy	2.967	4.166	4.200	4.224	4.283
Hydrates de carbone totaux	Sains	± 0.309	± 0.207	± 0.127	± 0.063	± 0.098
	Infected		3.950 ^{NS}	4.150 ^{NS}	3.633*	5.900*
	Infesté		± 0.356 (-5.18)	± 0.152 (-1.19)	± 0.103 (-13.99)	± 0.415 (+37.75)
Total lipids	Healthy	71.680	80.530	83.833	93.866	103.173
Lipides totaux	Sain	± 1.277	± 1.169	± 0.720	± 0.794	± 1.035
	Infected		88.150*	96.799*	110.333*	123.876*
	Infesté		± 0.592 (+9.46)	± 0.659 (+15.47)	± 0.711 (+17.54)	± 0.717 (+20.07)

a: Values represent an average of 6 replicates ± standard deviation / Les valeurs représentent la moyenne de 6 répliquats ± l'écart type.

Figures in parentheses indicate the per cent change over healthy samples / Les chiffres entre parenthèses indiquent le pourcentage de modification par rapport aux échantillons sains.

* Values are significant at $P < 0.001$ / Les valeurs sont significatives à $P < 0.001$.

NS: Values are not significant / Les valeurs ne sont pas significatives.

RESULTS AND DISCUSSION

The quantitative changes in haemolymph plasma proteins, carbohydrates and lipids during the progressive BmNPV infection are presented in Table I. Hypoproteinemia was observed in the plasma of the haemolymph of larvae infected with BmNPV and this was significant at 1% level over the control. No significant decrease was observed in the total carbohydrate content of the haemolymph of infected larvae up to the 3rd day of infection as compared to healthy larvae, on the contrary there was a significant decrease on the 5th day of infection. But on the 7th day of infection, a sudden rise in the carbohydrate content (significant at 1% level) was observed. A significant increase was observed in the lipid content in infected larvae as compared to healthy controls. Earlier reports reveal hypoproteinemia, which are in agreement with the present study. In *Peridroma saucia*, *Hyphantria*

cunea, *Mamestra brassicae*, *Trichoplusia ni*, *Spodoptera maurita* and the gypsy moth, general hypoproteinemia was observed in the haemolymph during the course of NPV infection (Mazzone, 1985). This may be attributed to reduction of protein synthesis and release by fat body cells into the haemolymph. Shigematsu and Takeshita (1958) observed fluctuations and hyperproteinemia in the fat body and body fluid of silkworms during early and advanced stages of nuclear polyhedrosis, respectively. Wanatabe *et al.* (1968) on the other hand observed hypoproteinemia in the haemolymph of silkworms infected with BmNPV by agarose gel electrophoresis. They attributed this to the fat body being the centre of haemolymph protein synthesis and the most susceptible tissue to the NPV and probably as a direct consequence of the viral lesions in the fat body. The steady carbohydrate content decrease as the NPV progresses up to the 5th day could be assumed to be due to the utilization of carbohydrates as an energy source required for the biosynthesis of viral constituents. However, there was a significant increase on the 7th day of infection. These results concur with the findings of Kobayashi and Kawase (1981) in isolated pupal abdomens of silkworms infected by BmNPV.

The gradual significant increase in the lipid content observed during progressive NPV infection in the haemolymph of silkworm larvae coincides with Boctor's (1981) results in NPV-infected *Spodoptera littoralis*. The marked increase in the lipid content in the haemolymph of virus-infected larvae may be attributed to the altered host lipid metabolism (Boctor, 1981). On the contrary, decrease lipid levels were observed in NPV-infected gypsy moth larvae (Brown *et al.*, 1977). The results obtained in the present study may be attributed to the altered host metabolism due to virus infection.

REFERENCES

- BOCTOR I.Z. (1981) Studies on lipids in the haemolymph of the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis*, late final instar larvae, infected with nuclear polyhedrosis virus. *J. Invertebr. Pathol.*, 38, 434-436.
- BROWN S.E., PATTON R.L., ZERILLO R.T., DOUGLAS S.M., BREILLATT J.P., MAZZONE H.M. (1977) Comparative properties of haemolymph of the gypsy moth and the European pine sawfly, *J. New York Entomol. Soc.*, 85, 36-42.
- DUBOIS M., GILLES K.A., HAMILTON J.K., REBERS P.A., SMITH F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-356.
- FOLCHI I., ASCOLII, LEFS M., MEATH J.A., LE BARON F.N. (1951) Preparation of lipid extracts from brain tissue. *J. Biol. Chem.*, 191, 833-841.
- KOBAYASHI M., KAWASE S. (1981) Quantitative analysis of the metabolism in the isolated pupal abdomens of the silkworm, *Bombyx mori* L., infected with nuclear polyhedrosis virus. *J. Invertebr. Pathol.*, 38, 4-11.
- KRISHNASWAMI S., NARASIMHANNA M.N., SURYANARAYANA S.K., KUMARAJ S. (1973) Sericulture Manual 2. Silkworm rearing. FAO Agricultural Services Bull., Rome, 15, 1-128.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275.
- MAZZONE H.M. (1985) Pathology associated with baculovirus infection. *In* Viral insecticides for biological control. K. Maramorosch and K.E. Sherman eds., Academic Press, London.
- SHIGEMATSU H., TAKESHITA H. (1958) Change in quantity of nucleic acid and protein in the fat body of the silkworm in a course of contracting jaundice. *J. Sericult. Sci. Japan*, 30, 66-70.
- WANATABE H., KOBARA R., HOSAKA M. (1968) Electrophoretic separation of the haemolymph proteins in the silkworm, *Bombyx mori* L., infected with the nuclear polyhedrosis virus. *J. Sericult. Sci. Japan*, 37, 323-330.

MODIFICATIONS BIOCHIMIQUES DANS L'HEMOLYMPHE DU VER A SOIE *BOMBYX MORI* L. AU COURS DE L'INFECTION PAR LE VIRUS DE LA POLYEDROSE NUCLEAIRE (BmNPV)

B.J. SARMA*, M.V. SAMSON**, V. SIVAPRASAD, M. BALAVENKATASUBBAIAH &
R.K. DATTA

Central Sericultural Research and Training Institute, Manandavadi Road, Srirampura,
Mysore - 570 008, Inde.

On a évalué les modifications biochimiques quantitatives, à savoir : les protéines totales du plasma, les hydrates de carbone et les lipides, survenant progressivement au cours de l'infection par le BmNPV dans l'hémolymphe du ver à soie. On observe une hypoprotéinémie, une diminution du contenu en hydrates de carbone jusqu'au 5e jour de l'infestation et une augmentation du contenu en lipides par rapport à l'hémolymphe des larves saines.

INTRODUCTION

La polyédrose nucléaire du ver à soie *Bombyx mori* est provoquée par le virus de la polyédrose nucléaire (BmNPV). Le BmNPV est membre du sous-groupe A des baculoviridés. Chez de nombreux insectes, comme les lépidoptères, l'hémolymphe est le principal moyen d'observation du développement de la pathologie baculovirale. L'hémolymphe permet d'obtenir des informations sur la progression de la maladie virale en ce qui concerne les hémocytes, les protéines, les hydrates de carbone et les lipides de l'hémolymphe, la phagocytose et le degré d'infestation. Les dosages peuvent donner des indications sur la progression de la maladie. Mazzone (1985) a étudié la physiopathologie associée à l'infestation baculovirale. On dispose de peu de renseignements sur les modifications intervenant dans l'hémolymphe au cours de l'infestation par le BmNPV chez *Bombyx mori*. Les auteurs décrivent ici les modifications quantitatives des protéines du plasma, des hydrates de carbone et des lipides de l'hémolymphe en fonction de la progression de l'infestation par le BmNPV chez les larves de *B. mori*.

MATERIELS ET METHODES

Des larves d'une race bivoltine pure commune (NB₁₈) ont été élevées suivant les méthodes standard d'élevage du ver à soie (Krishnaswami et coll., 1973). Dès la sortie de la 4e mue, les larves ont été inoculées par nourrissage avec des feuilles de mûrier recouvertes d'une dose pathogène de polyèdres de BmNPV (7×10^4 /ml/100 larves). Des larves nourries avec des feuilles de mûrier traitées avec de l'eau distillée ont été prises comme témoins. Après induction de l'infestation, trois échantillons de 10 larves ont été prélevés au hasard dans les lots témoins et dans les lots infestés par le BmNPV après 0, 1, 3, 5 et 7 jours. L'hémolymphe a été prélevée en perçant les pattes abdominales

* Directeur adjoint du Département de Sériciculture, Andhra Pradesh, Inde.

** Adresse de correspondance : Director, Silkworm Seed Technology Laboratory, Kodathi, Carmelram P.O., Bangalore - 560 035, Inde.

et regroupée en fonction de chacun des échantillons en présence de quelques traces de phénylthiourée. Les protéines totales (Lowry et coll., 1951), les hydrates de carbone par la méthode de l'acide phénol-sulphurique (Dubois et coll., 1956) et les lipides (Folch et coll., 1951) ont été mesurés dans le plasma des échantillons d'hémolymphe.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les modifications quantitatives des protéines du plasma de l'hémolymphe, des hydrates de carbone et des lipides survenant au cours de l'infestation par le BmNPV sont présentées dans le tableau I. On observe une hypoprotéinémie dans le plasma de l'hémolymphe des larves infestées par le BmNPV, anomalie significative au seuil de 1 % par rapport au témoin. On n'observe aucune diminution significative du contenu en hydrates de carbone totaux de l'hémolymphe des larves infestées par rapport aux larves saines jusqu'au 3^e jour de l'infestation ; par contre, la diminution est significative au 5^e jour. Au 7^e jour, on enregistre une augmentation soudaine du contenu en hydrates de carbone (significative au seuil de 1 %). On observe une augmentation significative du contenu en lipides chez les larves infestées par rapport aux témoins sains. Des travaux antérieurs, faisant état d'une hypoprotéinémie, corroborent les résultats présentés ici. Chez *Peridroma saucia*, *Hyphantria cunea*, *Mamestra brassicae*, *Trichoplusia ni*, *Spodoptera maurita* et chez le zigzag, on observe une hypoprotéinémie dans l'hémolymphe au cours de l'infestation par le NPV (Mazzone, 1985). Ceci pourrait être dû à une réduction de la synthèse des protéines et de leur libération par les cellules du corps adipeux dans l'hémolymphe. Shigematsu et Takeshita (1958) ont observé, chez le ver à soie, des fluctuations et une hyperprotéinémie dans le corps adipeux et dans le fluide corporel respectivement aux stades précoce et avancé de la polyédrose nucléaire. Watanabe et coll. (1968) ont enregistré une hypoprotéinémie dans l'hémolymphe des vers à soie infestés par le BmNPV par électrophorèse sur gel d'agarose. Ils ont attribué ce phénomène au fait que le corps adipeux constitue le centre de la synthèse des protéines de l'hémolymphe et est le tissu le plus sensible au NPV, cette hypoprotéinémie serait donc probablement la conséquence directe des lésions virales dans le corps adipeux. On estime que la diminution régulière du contenu en hydrates de carbone à mesure que l'infestation par le NPV progresse jusqu'au 5^e jour est due à l'utilisation des hydrates de carbone comme source d'énergie nécessaire à la biosynthèse des composants viraux. Cependant, on observe une augmentation significative au 7^e jour de l'infestation. Ces résultats sont en accord avec ceux de Kobayashi et de Kawase (1981) sur des abdomens nymphaux isolés à partir de vers à soie infestés par le NPV.

La diminution significative et progressive du contenu en lipides observée au cours de l'infestation par le NPV dans l'hémolymphe des larves de vers à soie coïncide avec les résultats de Boctor (1981) chez *Spodoptera littoralis* infestée par le NPV. L'augmentation marquée du contenu en lipides dans l'hémolymphe des larves infestées pourrait être attribuée à une modification du métabolisme des lipides de l'hôte (Boctor, 1981). A l'inverse, on observe des diminutions des teneurs en lipides chez les larves de zigzag infestées par le NPV (Brown et coll., 1977). Les résultats obtenus ici pourraient donc être attribués à une modification du métabolisme de l'hôte résultant de l'infestation virale.

STUDIES ON THE EXTENT OF MULBERRY LEAVES DESTRUCTION BY THE BIHAR HAIRY CATERPILLAR, *DIACRISIA OBLIQUA* WALKER

T.N. NATH*, SHIV NATH**, N.G. CHAKRABORTY & S.K. SEN

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

*Extent of destruction of mulberry leaves by the Bihar hairy caterpillar was worked out. The 5th and especially 6th instars were found to be most injurious. To complete its larval life, it consumed 1,008 mg (dry weight) of mulberry leaves. In general, an increasing trend in the food intake, faecal matter excretion and food balance and a decreasing trend in the consumption index, approximate digestibility and growth rate were observed with the advancement in age. The efficiencies of conversion of ingested (ECI) and digested (ECD) food into body matter increased up to the 4th larval stage followed by decreased ECI in the 5th and 6th instars, whereas ECD increased in the 6th after falling in the 5th instar. Comparison was also made with *Bombyx mori* with regard to their capacity of mulberry leaf destruction/consumption.*

Keywords: Caterpillar, mulberry, *Diacrisia (Spilosoma) obliqua*.

INTRODUCTION

The Bihar hairy caterpillar, *Diacrisia obliqua* Walker (*Spilosoma obliqua* Walker), is a polyphagous lepidopteran insect pest causing extensive damage to mulberry plantations. It is mostly prevalent during November to February in the northern plains of West Bengal (India). The female moth can lay 1,000 to 1,200 eggs in batches, thus a quick population build-up is possible. Studies on the ingestion, digestion and utilization of food by different insects have been made by various workers (Hiratsuka, 1920; Mukherjee and Guppy, 1970; Mehrotra *et al.*, 1972; Guharay, 1977; Ramdev, 1978). A number of comprehensive reviews on this aspect have also been made by Waldbauer (1968) and Bhattacharya and Pant (1976). A perusal of the current literature provides a general idea that the rate of food consumption and its utilization not only varies between insects but also between different instars of the same insect.

Despite great losses inflicted by the insect to mulberry plantations, no information is available on its potential of leaf destruction. The present investigation was undertaken to find out the nature and extent of the damage caused by the Bihar hairy caterpillar to mulberry leaves and its food utilization profile during the larval development at the Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore (West Bengal), India.

MATERIALS AND METHODS

The caterpillars were obtained from the culture maintained in the laboratory on mulberry leaves and kept in plastic jars to carry out the experiment. The experiment was conducted in ten replications with 20 larvae in each replication. Weighed quantities of fresh mulberry leaves were provided to the experimental worms. The faecal matter excreted, residual food and leaf aliquots on each day and the

* Basic Seed Multiplication and Training Centre, Pallahara, Denkanal, Orissa, India.

** Nursery-cum-P1 Farm, Dhubulia, Nadia, West Bengal, India.

samples of caterpillars before and after each moult as well as at prepupal stage were collected and the weight was recorded after drying them to a constant weight at 80 °C. The experiment was conducted at the temperature of 26.3 ± 4.0 °C and $75.6 \pm 5.1\%$ relative humidity.

The total quantity of leaves consumed during the entire larval period was regarded as extent of destruction of mulberry leaves by the caterpillars. For calculation of the leaf consumption and utilization indices, the gravimetric method was followed. Various parameters such as food ingested, gain in body weight, consumption index (CI), approximate digestibility (AD), growth rate (GR), efficiency of conversion of ingested food (ECI) and digested food (ECD) into body matter and coefficient of metabolism of dry matter ((OMD) were computed on a dry weight basis (Waldbauer, 1968; Bhattacharya and Pant, 1976). Analysis of variance was applied to test the significance of variations between instars.

RESULTS AND DISCUSSION

The data on the various indices of leaf consumption and utilization have been presented in Table I. The consumption of leaves, faecal matter excreted and food balance increased progressively from the 1st instar onwards, with an abrupt increase in the 6th stage. The total quantity of food ingested or mulberry leaves destructed by a caterpillar was 1,008 mg on dry weight and 2,856 mg on fresh weight basis during the entire feeding period of 18 days. It was noted that the major portion of the total leaf destruction was during the last two instars (93.54%) breakwise accounting for 18.24 and 75.35% in the 5th and 6th, respectively. Thus the 6th stage caterpillar was the most injurious from the leaf destruction point of view. Due to the sporadic nature of the pest attack, the losses in leaf yield may vary widely, reaching up to 250 kg/ha. The total leaf destruction by Bihar hairy caterpillars,

Table I. Amounts ($\bar{X} \pm SD$ mg/larva, dry wt) of dry matter ingested and digested, faecal matter produced and gain in body weight during the different larval stages of *Diacrisia obliqua*.

Tableau I. Quantités (mg/larve, poids sec) de matière sèche ingérée et digérée, de matières fécales produites et gain de poids aux différents stades larvaires de *Diacrisia obliqua*.

Instar	Feeding period (days)	Food ingested	Faecal matter excreted	Food balance	Gain in weight
Age	Période de nourrissage (jours)	Nourriture ingérée	Matière fécale excrétée	Equilibre alimentaire	Gain de poids
1st / 1er	2	0.57 ± 0.09	0.13 ± 0.02	0.44 ± 0.05	0.07 ± 0.01
2nd / 2e	3	2.87 ± 0.07	1.11 ± 0.07	1.76 ± 0.09	0.65 ± 0.09
3rd / 3e	3	10.92 ± 0.95	6.65 ± 0.49	4.27 ± 0.49	2.53 ± 0.15
4th / 4e	3	50.78 ± 0.72	30.83 ± 0.41	19.95 ± 0.37	14.44 ± 2.04
5th / 5e	3	183.90 ± 12.94	112.12 ± 13.63	71.76 ± 14.29	32.47 ± 4.18
6th / 6e	4	759.39 ± 195.02	533.63 ± 127.32	225.76 ± 72.44	122.34 ± 27.64

in the present case, was slightly lower than that (4.7151 g leaf/larva) reported by Devaiah and Kotikal (1983). That might have been due to temporal differences in the season of study and/or differences in the total larval period. The results of the food consumption pattern are in agreement with those reported by Hiratsuka (1920), Guharay (1977) and Ramdev (1978), though their test insects and food plants were different. The consumption of food by the silkworm, *Bombyx mori*, during the last two instars accounted for 97% of the total (Hiratsuka, 1920), whereas it was 99% for *Achaea janata* during the last three instars (Ramdev, 1978). A comparison between *Bombyx mori* and *Diacrisia obliqua* reveals that the pest larvae destruct about one fourth or half the quantity of mulberry leaves consumed by bivoltine or multivoltine silkworms, respectively (Table II).

Table II. Extent of leaf consumption/destruction by *Bombyx mori* and *Diacrisia obliqua*.

Tableau II. Quantité de feuilles consommées/détruites par *Bombyx mori* et *Diacrisia obliqua*.

Insect	Leaf quantity (mg/larva)		Remarks and references
	Fresh weight	Dry weight	
<i>Insecte</i>	<i>Poids de feuilles (mg/larve)</i>		<i>Remarques et références</i>
	<i>Poids frais</i>	<i>Poids sec</i>	
<i>Bombyx mori</i>			
Bivoltine race Pampore-5 <i>Race bivoltine Pampore-5</i>	-	4,339	Entire feeding period, Nath <i>et al.</i> (1991) <i>Totalité du nourrissage, Nath et coll. (1991)</i>
Multivoltine race Nistari <i>Race multivoltine Nistari</i>	-	2,144	4th and 5th instars, Nath <i>et al.</i> (1990) <i>4e et 5e âges, Nath et coll. (1990)</i>
<i>Diacrisia obliqua</i> Walker	2,856	1,008	Entire feeding period, present investigation <i>Totalité du nourrissage, étude présentée ici</i>

All the food utilization (biological) indices of the pest showed a significant variation ($P < 0.01$) among the instars. The consumption index (CI), i.e., rate of food intake per unit mean body weight per day, was highest in the 1st instar (4.433 ± 0.266) and was followed by significant decreases and increases in the subsequent instars with the lowest values in the 4th (1.730 ± 0.088). The CI in the 3rd instar was significantly higher than in all the other instars, except the 1st. The rates in the 2nd and 5th instars were significantly higher than in the 6th but did not differ significantly between themselves. Ramdev (1978) reported a peak CI in the 2nd and the lowest in the 5th instar of *A. janata*. Waldbauer (1968) observed that the feeding rate of the insects is limited as a response to the bulk water content and other physical and chemical properties of the whole fresh food, and that the dry matter intake is largely a function of this response. In the present investigation, variation in CI in different juvenile stages might be due to their differential response to the above factors in the same food plant.

After remaining lower in the younger caterpillars, the growth rate (GR), i.e., rate of increase in body weight per unit mean body weight per day, increased significantly and reached the maximum

value in the 3rd (0.629 ± 0.096) which was followed by a significant fall in the subsequent stages, reaching the lowest value in the 6th (0.314 ± 0.039) though the differences between the 5th and 6th instars were not significant. Waldbauer (1964) pointed out that the low GR in the insects may be due to lower rates of feeding, nutritional inadequacy of food or a combination of both. Indeed, in the present investigation, the lower GR in the instars following the 3rd appears to be due to lower rates of feeding. The results are in agreement with those reported by Ramdev (1978) on *A. janata* and Guharay (1977) on *Spodoptera litura*.

Table III. Biological consumption and utilization of food ($\bar{X} \pm SD$, dry weight) during different larval stages of *Diacrisia obliqua*.

Tableau III. Consommation biologique et utilisation de la nourriture (poids sec) de Diacrisia obliqua au cours de différents âges larvaires.

Instars / Ages	CI	GR	AD	ECI	ECD	QmD
1	4.433 ^a ± 0.266	0.563 ^b ± 0.073	77.13 ^a ± 5.60	12.72 ^e ± 0.813	16.58 ^c ± 1.31	83.41 ^a ± 1.31
2	2.251 ^c ± 0.149	0.509 ^b ± 0.066	61.28 ^b ± 3.87	22.66 ^b ± 1.04	37.06 ^d ± 3.73	62.94 ^b ± 3.73
3	2.714 ^b ± 0.258	0.629 ^a ± 0.096	39.00 ^c ± 1.67	23.35 ^b ± 1.54	60.07 ^b ± 4.90	39.93 ^d ± 4.90
4	1.730 ^c ± 0.088	0.492 ^c ± 0.067	39.28 ^c ± 1.67	28.44 ^a ± 1.54	72.43 ^a ± 3.93	27.56 ^e ± 3.88
5	2.131 ^c ± 0.161	0.370 ^d ± 0.060	38.69 ^c ± 4.12	17.74 ^c ± 1.13	46.97 ^e ± 7.98	53.03 ^c ± 7.98
6	1.953 ^d ± 0.279	0.314 ^d ± 0.039	29.35 ^d ± 2.89	16.19 ^d ± 1.68	55.95 ^d ± 10.22	44.05 ^d ± 10.22
CD at 5 % F (5,45)	0.197 203.31 ^{**}	0.063 28.28 ^{**}	3.39 227.74 ^{**}	1.11 213.01 ^{**}	5.35 108.37 ^{**}	5.35 108.27 ^{**}
SEm $\pm$ CV (%)	0.069 8.63	0.022 14.66	1.19 7.94	0.39 6.11	1.88 12.33	1.88 11.47

CI: Consumption index (per unit body weight per day). GR: Growth rate. AD: Approximate digestibility (%). ECI (ECD): Efficiency of conversion of ingested (digested) food into body matter (%). QmD: Coefficient of metabolism of dry matter (%). SEm: Standard error of the mean. CV: Coefficient of variation. Figures followed by the same letter do not differ significantly.

CI : Indice de consommation (par poids unitaire par jour). GR : Taux de croissance. AD : Digestibilité approximative (%). ECI (ECD) : Efficacité de conversion de la nourriture ingérée (digérée) en matière corporelle (%). QmD : Coefficient de métabolisme de la matière sèche (%). SEm : Ecart type de la moyenne. CV : Coefficient de variation. Les données suivies d'une même lettre ne diffèrent pas de manière significative.

Approximate digestibility (AD) in the present investigation had an inverse relationship with age. It was highest in the 1st ($77.13 \pm 5.60\%$) and followed by significant falls up to the 3rd instar. It remained at the same level in the middle instars up to the 5th but decreased significantly in the last instar to a minimum value of $29.35 \pm 2.89\%$. The digestibility in insects is affected by nutritional deficiency or imbalance or high content of crude fibre or deficiency of water in the food (Waldbauer, 1964). The decreasing trend in the digestibility of *Diacrisia obliqua* was due to a considerable increase of crude fibres in the food as the advanced stage worms started to feed uniformly on mature leaves unlike the first two instars when the caterpillars fed on the lower surface of the tender leaves and consumed only the softer portions between the tertiary veins (lower epidermis, spongy parenchyma and the palisade layer). Similar observations were also made by Ramdev (1978) in *A. janata*, Nath *et al.* (1991) in the silkworm, *Bombyx mori*, and Mukherjee and Guppy (1970) in *Pseudalitia unipuncta*. The behaviour was also explained elaborately by Evans (1939). Despite the inverse relationship with age, the more or less constant values of AD from the 3rd to the 5th instar are similar to those found by Kasting and McGinnis (1959) for the last three instars of *Agrostis orthogonia*.

The efficiencies of conversion of ingested and digested food (ECI and ECD) into body matter were lower in the 1st instar and increased significantly in the subsequent instars, reaching the highest levels in the 4th. The ECI decreased significantly in the later instars, whereas the ECD, after falling in the 5th instar, showed a significant increase again in the 6th instar. This indicated a parallel variation between ECI and ECD and an inverse relationship between efficiency parameters and the AD up to the 4th instar. Similar relationships were also observed by Ramdev (1978) in *A. janata* and Nath *et al.* (1991) in *Bombyx mori*. A general trend of increase in ECI and ECD values up to certain larval stages followed by a decrease at later stages was also reported by Evans (1939) and Chlondy (1967). The coefficient of metabolism of dry food (QmD) decreased significantly at advanced stages of larval development in *Diacrisia obliqua*, indicating that conservation of energy increased in these stages (Table III).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to the Director of Research, Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore (West Bengal), India, for providing the necessary facilities for the study.

REFERENCES

- BHATTACHARYA A.K., PANT N.C. (1976) Studies on host-plant relationships : consumption and utilization profile in insects. *Proc. Nat. Acad. Sci. India*, 46(D), I and II, 273-301.
- CHLONDY J. (1967) The amount of food consumed and production output of larvae of the colorado beetle. *Ekol. Pol. A*, 15, 531-541.
- DEVAIAH M.C., KOTIKAL Y.K. (1983) Economic injury level for black headed caterpillar, *Spilosoma obliqua* Walker, on mulberry. National Seminar on Silk Research and Development, Bangalore, 10-13 March, p. 60.
- EVANS A.C. (1939) The utilization of food by certain lepidopterous larvae. *Trans. R. Ent. Soc.*, London, 89, 13-22.
- GUHARAY F. (1977) Studies on growth, development and quantitative profile of *Spodoptera litura* (Fabricius) on three plants. M.Sc. Thesis submitted to P.G. School, IARI, New Delhi, India.
- HIRATSUKA F. (1920) Researches on the nutrition of silkworm. *Bull. Sericult. Exp. Sta. Japan*, 1, 257-315.
- KASTING R., MCGINNIS A.J. (1959) Nutrition of the pale western cutworm, *Agrostis orthogonia* (Lepi.: Noctuidae). II. Dry matter and nitrogen economy of larvae fed on sprouts of a hard red spring and a durum wheat. *Can. J. Zool.*, 37, 713-720.
- MEHROTRA K.N., RAO P.J., FAROOQI T.N.A. (1972) The consumption, digestion and utilization of food by locusts. *Ent. Exp. and Appl.*, 15, 90-96.
- MUKHERJEE J.K., GUPPY J.G. (1970) A quantitative study of food consumption and growth in *Pseudalitia unipuncta* (Lepi.: Noctuidae). *Can. Entomol.*, 102, 1179-1188.

- NATH T.N., SHIV NATH, CHAKRABORTY N.G., SEN S.K. (1991) Studies on the consumption and utilization of mulberry leaves by the bivoltine silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Indian J. Seric. (comm.).
- NATH T.N., SHIV NATH, SHAMSUDDIN M. SUBBA RAO G. (1990) Effect of food deprivation on dry matter utilization, shell and cocoon weight and fecundity of multivoltine silkworm, *Bombyx mori* L., race Nistari. Indian J. Seric., 29(2), 174-181.
- RAMDEV Y.P. (1978) Studies on the consumption and utilization of castor, *Ricinus communis* Linn., by castor semilooper, *Achoea janata* Linn. M.Sc. Thesis, P.G. School, IARI, New Delhi, India.
- WALDBAUER G.P. (1968) The consumption and utilization of food by insects. Adv. Insect Physiol., 5, 229-288.
- WALDBAUER G.P. (1964) The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan) (Lepi.: Sphingidae). Ent. Exp. Appl., 21, 254-260.

ETUDE SUR L'ETENDUE DE LA DESTRUCTION DES FEUILLES DE MURIER PAR LA CHENILLE VELUE DU BIHAR *DIACRISIA OBLIQUA* WALKER

T.N. NATH*, SHIV NATH**, N.G. CHAKRABORTY & S.K. SEN

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

*On a déterminé l'étendue de la destruction des feuilles de mûrier par la chenille velue du Bihar. Les 5e et, plus particulièrement, 6e âges sont les plus nuisibles. Au cours de son stade larvaire, elle consomme 1 008 mg (poids sec) de feuilles de mûrier. Dans l'ensemble, on observe, au cours du vieillissement, une tendance à l'augmentation de l'ingestion de nourriture, de l'excrétion de matières fécales et de l'équilibre alimentaire et une tendance à la diminution de l'indice de consommation, de la digestibilité approximative et du taux de croissance. Les efficacités de conversion de la nourriture ingérée (ECI) et digérée (ECD) en substance corporelle augmentent jusqu'au 4e âge larvaire puis l'ECI diminue aux 5e et 6e âges tandis que l'ECD augmente au 6e âge après une diminution au 5e âge. Une comparaison de la capacité de destruction/consommation de feuilles de mûrier a également été établie avec *Bombyx mori*.*

INTRODUCTION

La chenille velue du Bihar *Diacrisia obliqua* Walker (*Spilosoma obliqua* Walker) est un parasite lépidoptère polyphage occasionnant des dommages considérables dans les plantations de mûriers. Elle apparaît principalement de novembre à février dans les plaines du nord du Bengale occidental (Inde). Le papillon femelle peut pondre de 1 000 à 2 000 oeufs en grappes, rendant possible la formation rapide d'une population. Des études sur l'ingestion, la digestion et l'utilisation de la nourriture par différents insectes ont été réalisées par plusieurs chercheurs (Hiratsuka, 1920 ; Mukherjee et Guppy, 1970 ; Mehrotra et coll., 1972 ; Guharay, 1977 ; Ramdev, 1978). Un certain nombre de revues exhaustives sur cette question ont également été publiées (Waldbauer, 1968 ; Bhattacharya et Pant, 1976). A la lecture de la documentation disponible, il semble que le taux de consommation et d'utilisation de la nourriture varie non seulement entre les insectes mais également en fonction des âges larvaires d'un même insecte.

En dépit des lourdes pertes infligées par cet insecte dans les mûraies, on ne dispose d'aucune information sur son potentiel de destruction de la masse foliaire. Cette étude a été entreprise afin de déterminer la nature et l'étendue des dommages provoqués par la chenille velue du Bihar sur les feuilles de mûrier et son profil d'utilisation de la nourriture au cours du développement larvaire au Central Sericultural Research and Training Institute de Berhampore (Bengale occidental), Inde.

MATERIELS ET METHODES

Les chenilles proviennent d'un élevage maintenu en laboratoire sur des feuilles de mûriers et conservées dans des flacons en plastique. L'expérience a été réalisée en 10 réplicats de 20 larves. Des quantités déterminées de feuilles de mûrier fraîches ont été données aux lots expérimentaux. Les

* Basic Seed Multiplication and Training Centre, Pallahara, Denkanal, Orissa, Inde.

** Nursery-cum-P1 Farm, Dhubulia, Nadia, West Bengal, Inde.

matières fécales excrétées, la nourriture résiduelle et les aliquotes de feuilles ont été prélevées quotidiennement et des échantillons de chenilles ont été prélevés avant et après chaque mue ainsi qu'au stade pré-nymphal. Après séchage à 80 °C jusqu'à obtention d'un poids constant, les échantillons prélevés sont pesés. L'expérience a été réalisée à une température de $26,3 \times 4,0$ °C et une humidité relative de $75,6 \times 5,1$ %.

La quantité totale de feuilles consommées au cours du stade larvaire est considérée comme l'étendue de destruction des feuilles de mûrier par les chenilles. On a suivi la méthode gravimétrique pour le calcul de la consommation et des indices d'utilisation des feuilles. Plusieurs paramètres, comme la nourriture ingérée, le gain de poids, l'indice de consommation (CI), la digestibilité approximative (AD), le taux de croissance (GR), l'efficacité de conversion en matière corporelle de la nourriture ingérée (ECI) et digérée (ECD) et le coefficient de métabolisme de la matière sèche (OMD), ont été mesurés sur la base du poids sec (Waldbauer, 1968 ; Bhattacharya et Pant, 1976). On a effectué une analyse de variance afin de déterminer la signification des variations entre les âges.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données concernant les différents indices de consommation et d'utilisation de la nourriture sont présentées dans le tableau I. La consommation des feuilles, la matière fécale excrétée et l'équilibre alimentaire croissent progressivement dès le 1er âge, avec une augmentation marquée au 6e âge. La quantité totale de nourriture ingérée ou de feuilles de mûrier détruites par une chenille est de 1 008 mg en poids sec et de 2 856 mg en poids frais sur l'ensemble de la période de nourrissage (18 jours). Dans la majeure partie, la destruction des feuilles se fait au cours des deux derniers âges (93,54 %) avec 18,24 % de la destruction au 5e âge et 75,35 % au 6e âge. En termes de destruction foliaire, les chenilles sont le plus nuisible au 6e âge. En raison de la nature sporadique de l'infestation par le parasite, les pertes de rendement en feuilles peuvent varier fortement et atteindre jusqu'à 250 kg/ha. La destruction foliaire totale par la chenille velue du Bihar observée ici est légèrement inférieure à celle (4,7151 g feuilles/larve) observée par Devaiah et Kotikal (1983). Ceci pourrait être dû au choix des saisons étudiées et/ou à des différences de durée larvaire totale. Les résultats concernant le profil de consommation de la nourriture corroborent ceux de Hiratsuka (1920), de Guharay (1977) et de Ramdev (1978), bien que leurs études portent sur des insectes et des végétaux différents. La consommation de nourriture par le ver à soie *Bombyx mori* au cours des deux derniers âges représente 97 % de la consommation totale (Hiratsuka, 1920) contre 99 % chez *Achaea janata* au cours des trois derniers âges (Ramdev, 1978). La comparaison de la consommation entre *Bombyx mori* et *Diacrisia obliqua* révèle que les larves parasites détruisent environ le quart et la moitié de la quantité des feuilles de mûrier consommée respectivement par les vers à soie bivoltins et polyvoltins (Tableau II).

Les indices (biologiques) d'utilisation de la nourriture du parasite présentent des variations significatives ($P < 0,01$) entre les âges. L'indice de consommation (CI), c'est-à-dire le taux d'ingestion de nourriture par poids unitaire moyen et par jour, est maximal au 1er âge ($4,433 \times 0,266$) et subit des diminutions et des augmentations aux âges suivants, donnant les valeurs les plus faibles au 4e âge ($1,730 \times 0,088$). Le CI au 3e âge est significativement supérieur à celui obtenu à tous les autres âges, excepté le 1er. Les taux au 2e et au 5e âge sont significativement supérieurs à celui du 6e âge mais ne diffèrent pas de manière significative entre eux. Ramdev (1978) a observé un CI maximal au 2e âge et minimal au 5e âge chez *A. janata*. Waldbauer (1968) a observé que le taux d'alimentation des insectes était limité à la réponse à la quantité totale d'eau et à d'autres propriétés physiques et chimiques de la nourriture fraîche et que l'ingestion de matière sèche était fortement fonction de cette réponse. Dans cette étude, les variations de CI entre les différents stades juvéniles pourraient être dues à des réponses différentes à ces facteurs sur une même plante hôte.

Après être demeuré faible chez les jeunes chenilles, le taux de croissance (GR), c'est-à-dire le taux d'augmentation du poids par poids unitaire moyen et par jour, augmente de manière significative et atteint une valeur maximale au 3e âge ($0,629 \times 0,096$) puis diminue de manière significative aux stades suivants, donnant une valeur minimale au 6e âge ($0,314 \times 0,039$) bien que les différences entre le 5e et le 6e âge ne soient pas significatives. Waldbauer (1964) a démontré qu'un GR faible chez les insectes pouvait être dû à des taux d'alimentation faibles, à des carences nutritionnelles de la nourriture

ou à la combinaison des deux facteurs. Dans cette étude, le GR faible obtenu chez les âges ultérieurs au 3e âge semble en effet être dû à des taux d'alimentation plus faibles. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ramdev (1978) sur *A. janata* et de Guharay (1977) sur *Spodoptera litura*.

La digestibilité approximative (AD) obtenue dans cette étude est en relation inverse avec l'âge. Elle est maximale au 1er âge ($77,13 \times 5,60 \%$) et diminue de manière significative jusqu'au 3e âge. Elle se maintient au même niveau aux âges intermédiaires jusqu'au 5e âge mais diminue de manière significative au dernier âge avec une valeur minimale de $29,35 \times 2,89 \%$. Chez les insectes, la digestibilité est affectée par la déficience ou le déséquilibre nutritionnel ou par un contenu élevé en fibres brutes ou une carence en eau de la nourriture (Waldbauer, 1964). La tendance à la diminution de la digestibilité chez *Diacrisia obliqua* est due à une augmentation importante des fibres brutes dans la nourriture, les chenilles âgées se nourrissant uniformément de feuilles matures contrairement aux jeunes chenilles qui se nourrissent de la surface inférieure des jeunes feuilles et consomment uniquement les parties les plus tendres situées entre les veines tertiaires (épiderme inférieur, parenchymes spongieux et couche palissadique). Des observations similaires ont été faites par Ramdev (1978) chez *A. janata*, Nath et coll. (1991) chez le ver à soie *Bombyx mori* et Mukherjee et Guppy (1970) chez *Pseudalitia unipuncta*. Ce comportement a également été expliqué de manière détaillée par Evans (1939). Malgré sa relation inverse avec l'âge, les valeurs plus ou moins constantes de l'AD du 3e au 5e âge sont identiques à celles observées par Kasting et McGinnis (1959) pour les trois derniers âges d'*Agrostis orthogonia*.

Les efficacités de conversion de la nourriture ingérée et digérée (ECI et ECD) en matière corporelle sont inférieures au 1er âge et augmentent de manière significative aux âges suivants, avec un pic au 4e âge. L'ECI diminue de manière significative aux derniers âges, tandis que l'ECD, après une chute au 5e âge, présente une augmentation significative au 6e âge. Ceci indique qu'il y a une variation parallèle entre l'ECI et l'ECD et une relation inverse entre les paramètres d'efficacité et l'AD jusqu'au 4e âge. Des relations identiques ont également été établies par Ramdev (1978) chez *A. janata* et par Nath et coll. (1991) chez *Bombyx mori*. La tendance générale d'augmentation des valeurs de l'ECI et de l'ECD jusqu'à certains âges puis de diminution aux derniers âges a également été mise en évidence par Evans (1939) et Chlondy (1967). Le coefficient de métabolisme de la nourriture sèche (QmD) diminue de manière significative aux derniers âges du développement larvaire chez *Diacrisia obliqua*, ce qui indique que la conservation de l'énergie augmente au cours de ces âges (Tableau III).

STUDIES ON THE FUNGICIDAL CONTROL OF LEAF RUST DISEASE (*AECIDIUM MORI* BERCLAY) OF MULBERRY

R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K. SEN

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

The efficacy of five systemic and nonsystemic fungicides was evaluated against the leaf rust disease caused by Aecidium mori Berclay to mulberry. Amongst these, Blitox at all concentrations (0.2, 0.3 and 0.4%), Dithane at 0.4%, Bayleton at 0.04% and Bavistin at 0.25% were found highly effective against the disease in both the first and the second sprays. However, the study suggested that leaf rust can be effectively managed by spraying these fungicides twice at an interval of twenty-five days. Baycor was ineffective even at 0.03% concentration.

Keywords: Fungicides, leaf rust, disease control, mulberry.

INTRODUCTION

Mulberry (*Morus alba* L.) is known to be attacked by several pathogens, including rust (Teotia and Sen, 1994). The outbreak of leaf rust caused by *Aecidium mori* Berclay was reported in India by Sydow *et al.* (1906). It appears every year in the months of September to March and brings down the nutritive value of leaves as well as hastens the yellowing, senescence and leaf fall (Wang, 1980). Little is known on the effective control of leaf rust. Hence, an attempt has been made to manage the disease by fungicides till agronomically good resistant varieties are evolved.

MATERIALS AND METHODS

The investigation was carried out on a one-year-old susceptible mulberry variety, S₁ (Mandalaya), grown in 15" diameter earthen pots during September to December 1991. Recommended doses of N.P.K. fertilisers (300:180:120 kg/ha/yr) were supplied to the plants after conversion into pot dosages on an area basis a fortnight after pruning in September 1991. Plants were let to be infected naturally. Fungicides, i.e., Bavistin [methyl-3-benzimidazol carbamate (MBC)], Baycor [(1,1-biphenyl-4-yloxy) - (1,1-dimethyl ethyl) - 1 H-1,2,4-triazole-1-ethanol], Bayleton [1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazole-1-yloxy)-2 butanone], Blitox (copper oxychloride) and Dithane M-45 [zinc ion and manganese ethylen bis-(dithiocarbamate)] were sprayed in different concentrations twice at an interval of 25 days. The first spray was given after 30 days of ground-level pruning.

A check was maintained by spraying with distilled water. Every treatment was replicated five times.

Observations on disease severity were recorded 25 days after each spray. Leaves of three vigorous branches/replications were graded at random and data on the disease incidence were recorded using 0 to 5 scale (Govindaiah *et al.*, 1989). The per cent disease index (PDI) and per cent efficiency of disease control (PEDC) were calculated by the following formulae :

$$PDI = \frac{\text{Sum of class ratings}}{\text{Number of leaves graded} \times \text{Max. Grade (5)}} \times 100$$

$$\text{PEDC} = \frac{\text{PDI in control} - \text{PDI in treatment}}{\text{PDI in control}} \times 100$$

Table I. Effect of fungicides on leaf rust (*Aecidium mori*) infection of mulberry.

Tableau I. Effet de certains fongicides sur l'infestation par la rouille foliaire (*Aecidium mori*) chez le mûrier.

Treatment	Concentration (%)	After 1st spray			After 2nd spray		
		Infection* (%)	Disease index (%)	Efficiency of disease control (%)	Infection* (%)	Disease index (%)	Efficiency of disease control (%)
Traitement	Concentration (%)	Après la 1 ^{ère} application			Après la 2 ^e application		
		Infestation* (%)	Indice de maladie (%)	Inhibition de la maladie (%)	Infestation* (%)	Indice de maladie (%)	Inhibition de la maladie (%)
Baycor	0.010	68.61	14.14	5.62	76.58	43.96	2.23
	0.015	66.49	14.31	6.47	77.32	41.96	6.55
	0.020	66.78	14.54	4.97	76.24	41.32	8.11
	0.030	67.99	13.75	10.13	74.87	37.71	16.01
Bayleton	0.010	62.56	13.03	14.84	74.98	24.64	45.12
	0.015	53.52	10.70	30.07	72.18	21.80	51.45
	0.020	50.28	10.26	32.94	63.95	15.42	67.88
	0.030	37.28	7.46	57.24	61.59	15.30	65.92
	0.040	36.66	6.47	57.77	50.56	10.98	75.55
Bavistin	0.075	39.75	8.37	45.29	69.28	28.76	35.95
	0.150	30.10	6.02	60.59	66.84	26.25	47.55
	0.250	29.14	5.83	61.90	52.45	15.32	65.87
Dithane M-45	0.200	40.48	8.13	46.86	76.27	27.02	39.82
	0.300	27.00	5.55	63.73	62.34	23.24	48.24
	0.400	25.41	5.08	66.80	50.31	10.89	75.75
Blitox	0.200	45.30	9.08	40.65	41.74	8.35	81.40
	0.300	37.46	7.52	50.85	29.85	5.97	86.67
	0.400	33.37	6.76	55.82	27.99	5.60	87.53
Control / Témoin	DW	69.13	15.30	-	77.48	44.90	-
CD at 5 %	-	16.58	3.58	-	9.80	6.61	-

* Average of five replications / Moyenne de 5 réplicats.

DW: Distilled water / Eau distillée.

RESULTS AND DISCUSSION

The data presented in Table I revealed that application of fungicides influenced the infection rate and PDI significantly during the first and second spraying as compared to the control. Amongst all the fungicides, Blitox, Dithane M-45, Bayleton and Bavistin were highly effective at higher concentrations. However, excepting Blitox, all fungicides were less effective at lower concentrations. Baycor was ineffective even at 0.03 % concentration.

It is thus clear from the results that Blitox, Bayleton and Bavistin are equally effective statistically at comparatively lower concentrations (i.e. 0.2%, 0.04% and 0.25%, respectively) to Dithane M-45 (0.4%), which are therefore more suitable economically and environmentally against the rust pathogen.

It is also evident that rust infection varied with plant age and maturity as PDI values were higher both in the control and in most treatments after the second sprays (i.e., recorded 80 days after pruning) than after the first spray (i.e., recorded 55 days after pruning).

The present study thus concludes that leaf rust infection can be effectively controlled by spraying Blitox (0.2%), Bayleton (0.04%), Bavistin (0.25%) and Dithane M-45 (0.4%) twice at an interval of 25 days. Besides, some of these fungicides also control other foliar diseases, i.e., powdery mildew, leaf spot, etc., which occur simultaneously with rust during September to March (Anonymous, 1990-91; Siddaramaiah *et al.*, 1978; Munshi *et al.*, 1987).

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to Dr K. Sengupta, Ex-Director of this Institute for suggestions.

REFERENCES

- ANONYMOUS (1990-91) Research and Administrative Annual Report. Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore, India, pp. 95.
- GOVINDAIAH, SHARMA D.D., SENGUPTA K., GUNASEKHAR V., SURYANARAYANAN N., MADHAV RAO Y.R. (1989) Screening of mulberry varieties against major fungal diseases. *Indian J. Seric.*, 28, 207-213.
- MUNSHI N.A., TANKI T.N., ZARGAR M.A., DAS B.C. (1987) Field evaluation of fungicides against leaf spot disease of mulberry in Kashmir. *Indian J. Seric.*, 26(2), 86-89.
- SIDDARAMAIAH A.L., PADAGANUR G.M., KRISHNAN PRASAD K.S., GOVINDAN R. (1978) Control of mulberry leaf spot caused by *Cercospora moricola* Cooke. *Indian J. Seric.*, 17(1), 23-27.
- TEOTIA R.S., SEN S.K. (1994) Mulberry diseases in India and their control. *Sericologia*, 34(1), 1-18.
- WANG H. (1980) Rust of mulberry (*Aecidium mori*). *Nat. Sci. Coun. Mon.*, 8, 604-615.

ETUDES SUR LA LUTTE CONTRE LA ROUILLE FOLIAIRE DU MURIER (*AECIDIUM MORI* BERCLAY) A L'AIDE DE FONGICIDES

R.S. TEOTIA, S.K. MANDAL & S.K. SEN

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

*On a évalué l'efficacité de cinq fongicides systémiques et non systémiques contre la rouille foliaire provoquée par *Aecidium mori* Berclay chez le mûrier. Parmi ces fongicides, le Blitox à toutes les concentrations considérées (0,2, 0,3 et 0,4 %), le Dithane M-45 à la concentration de 0,4 %, le Bayleton à la concentration de 0,04 % et la Bavistine à la concentration de 0,25 % sont hautement efficaces contre la maladie, qu'ils soient appliqués en une seule vaporisation ou en deux vaporisations. Cependant, cette étude suggère que la rouille peut être éliminée par vaporisation de ces fongicides deux fois à vingt-cinq jours d'intervalle. Le Baycor est inefficace même à la concentration de 0,03 %.*

INTRODUCTION

On sait que le mûrier (*Morus alba* L.) est infesté par plusieurs agents pathogènes dont la rouille (Teotia et Sen, 1994). La présence en Inde de la rouille foliaire provoquée par *Aecidium mori* Berclay a été observée par Sydow et coll. (1906). Elle apparaît chaque année de septembre à mars ; elle entraîne une diminution de la valeur nutritive des feuilles et une accélération du jaunissement, de la sénescence et de la chute des feuilles (Wang, 1980). On dispose de peu d'informations sur la lutte contre la rouille foliaire. Nous avons donc tenté de gérer cette maladie à l'aide de fongicides en attendant l'isolement de variétés agronomiquement résistantes.

MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été réalisée sur des plants âgés de 1 an de la variété sensible S₁ (Mandalaya) cultivés dans des pots en terre de 15" de diamètre de septembre à décembre 1991. Des doses d'engrais NPK ont été appliquées suivant les recommandations (300:180:120 kg/ha/an) après conversion en doses pour pots sur la base de la surface quinze jours après la taille en septembre 1991. Les plants ont été infestés naturellement. Les fongicides utilisés, c'est-à-dire Bavistine [carbamate de méthyl-3-benzimidazole (MBC)], Baycor [-(1,1-biphényl-4-yloxy) - (1,1-diméthyl éthyl)-1 H-1,2,4-triazol-1-éthanol], Bayleton [1-(4-chlorophénoxy)-3,3-diméthyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)-2 butanone], Blitox (oxychlorure de cuivre) et Dithane M-45 [ion de zinc et manganèse éthylène-bis, dithiocarbamate], ont été vaporisés à différentes concentrations deux fois à 25 jours d'intervalle. La première vaporisation a été appliquée 30 jours après la taille au ras du sol. Un lot vaporisé à l'eau distillée a servi de témoin. Tous les traitements ont été répliqués cinq fois.

Le développement de la maladie a été observé 25 jours après chaque vaporisation. Les feuilles de trois branches vigoureuses/réplicats ont été marquées au hasard et les données sur l'incidence de la maladie ont été enregistrées sur la base d'une échelle de 0 à 5 (Govindaiah et coll., 1989). Le

pourcentage d'indice de maladie (PDI) et le pourcentage d'efficacité de la lutte contre la maladie (PEDC) ont été calculés d'après les formules suivantes :

$$PDI = \frac{\text{Somme de tous les degrés}}{\text{Nombre de feuilles marquées} \times \text{Degré maximal}(5)} \times 100$$

$$PEDC = \frac{PDI \text{ chez le témoin} \times PDI \text{ chez les lots traités}}{PDI \text{ chez le témoin}} \times 100$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les données présentées dans le tableau I indiquent que l'application de fongicides influence de manière significative le taux d'infestation et le PDI après la 1^{ère} et la 2^e vaporisation. Sur tous les fongicides, le Blitox, le Dithane M-45, le Bayleton et la Bavistine sont tout à fait efficaces à fortes concentrations mais pas à faibles concentrations, à l'exception du Blitox. Le Baycor est inefficace même à la concentration de 0,03 %.

Ces résultats montrent clairement que le Blitox, le Bayleton et la Bavistine présentent statistiquement le même degré d'efficacité à faibles concentrations (respectivement 0,2 %, 0,04 % et 0,25 %) par rapport au Dithane M-45 (0,4 %) et qu'ils sont donc le mieux appropriés en termes de rentabilité et d'environnement à l'utilisation contre l'agent pathogène de la rouille.

Il est également évident que l'infestation par la rouille varie en fonction de l'âge du plant et de la maturité, les valeurs du PDI étant supérieures chez le témoin et chez la plupart des lots traités après la deuxième vaporisation (soit 80 jours après la taille) à celles obtenues après la première vaporisation (soit 55 jours après la taille).

Cette étude permet de conclure qu'il est possible d'obtenir des résultats probants contre l'infestation par la rouille en vaporisant du Blitox (0,2 %), du Bayleton (0,04 %), de la Bavistine (0,25 %) et du Dithane M-45 (0,4 %) deux fois à 25 jours d'intervalle. En outre, certains de ces fongicides agissent également contre d'autres maladies foliaires comme l'oïdium, la tache foliaire, etc., qui apparaissent à la même époque que la rouille, c'est-à-dire de septembre à mars (Anonyme, 1990-91 ; Siddaramaiah et coll., 1978 ; Munshi et coll., 1987).

LIFE TABLE STUDIES OF THE GALL-FORMING PSYLLID, *TRIOZA FLETCHERI MINOR* (PSYLLIDAE : HOMOPTERA) ON PRIMARY TASAR FOOD PLANTS

R.N. SINGH & K. THANGAVELU

Central Tasar Research and Training Institute, Piska Nagri, Ranchi - 835 303, Bihar, India.

*The life-table studies of *Trioza fletcheri minor* Crawf. (Psyllidae : Homoptera), which induces galls on the leaves of *Terminalia arjuna* Bedd., indicate that the reproductive rate (R_0) representing the total female births is 215.86. The population increases with an infinitesimal rate (r_m) of 0.263 and a finite rate (λ) of 1.29 per female per day. One generation time is 19.5 days and there are six generations in a year. The population comprises approximately 99 per cent of immature stages during the peak period of population.*

Keywords: Life-table, fecundity, *Trioza fletcheri minor*, Homoptera, Psyllidae.

INTRODUCTION

Gall-forming psyllids and their hosts reveal a significant relationship with considerable scope for exploitation of the host substrate by the gall maker while the former (host) in its turn is capable of regulating the life cycle characteristics of the inhabitant (Mani, 1964; Ananthakrishnan, 1984; Raman, 1991). Nymphs of *Trioza fletcheri minor* induce galls on the leaves of the primary tasar food plants, *Terminalia arjuna* Bedd. and *Terminalia tomentosa*, which are also used as feeds in rearing the tasar silkworm, *Antheraea mylitta* Drury. Life history performances like the timing, rates of reproduction and survival, offspring quality, etc., appear to be well specialised in gall insects since a major part of their life cycle is closely associated with the formation of the gall guild, in which the gall insect almost completes its development while deriving its nutrition from the gall tissue (Ananthakrishnan, 1982, 1984). The life-table is a concise summary of certain vital statistics of insect populations and is a useful technique in the study of population dynamics, providing format for recording and accounting for all population changes in the life cycle of an insect. Since not much information is available on the above-mentioned aspects of the gall insect, *T. fletcheri minor* (Mani, 1965; Mathur, 1946, 1975), the present investigation was undertaken to study its rate of multiplication on the primary tasar food plants.

MATERIALS AND METHODS

The life table study was made on a laboratory culture of *T. fletcheri minor* maintained at $22 \pm 5^\circ\text{C}$. Known numbers of adult pairs were released for egg laying on small saplings of *T. arjuna* covered with a nylon net. After every 24 hr., the exposed leaves along with the saplings were replaced by fresh ones throughout the life cycle of the insect. The exposed saplings were covered with nylon nets and were daily examined for egg laying. As soon as the oviposited leaves formed the final stage gall, they were picked off together with a part of the leaf and were put individually in marked tubes (2×10 cm), each having a piece of moist filter paper. The eclosed insects were sexed and counted. Fecundity and longevity of *T. fletcheri minor* for a cohort of 10 females were studied. The net reproductive rate, R_0 , (total female offspring/female) and intrinsic rate of natural increase, r_m , which

is considered as a "fitness index" of the entomophages (Andrewartha and Birch, 1954) were derived according to Birch (1948) and elaborated by Watson (1964). A close approximation of r_m was made using trial and error substitute of r_m in the Lotka-Euler equation :

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

where x = pivotal age, l_x = age-specific survival of the cohort (proportion of parent females surviving out of the cohort on day x) and m_x = age-specific net fecundity rate (mean number of female offspring eclosed/day).

A finite rate of increase was computed as (λ) = antilog. r_m . R_0 was calculated as $R_0 = \sum x l_x m_x$ and (T) mean length of the generation was computed by $\sum x l_x m_x$ divided by R_0 . Particulars of other life-table parameters were calculated as follows. Mean generation time in d, $G = \ln_2 R_0 / r_m$; weekly multiplication of the population $r = (e^{r_m})^7$ and population doubling time in d, $t = \ln 2 / r_m$; stable age distribution (per cent distribution of the various stages) was also derived by observing the population schedule of birth rate and death rate (m_x and l_x).

Table I. Life table and age-specific fecundity of *Trioza fletcheri* minor Crawf. on *T. arjuna*.

Tableau I. Cycle vital et fécondité en fonction de l'âge chez *Trioza fletcheri* minor Crawf. sur *T. arjuna*.

Pivotal age in days (X)	Life-table for female adults (l_x)	Age schedule for female births (m_x)	$l_x.m_x$	$X.l_x.m_x$
Age pivot en jours (X)	Cycle vital des adultes femelles (l_x)	Tranches d'âge des naissances femelles (m_x)	$l_x.m_x$	$X.l_x.m_x$
19.5	1.00	60.92	60.92	1187.94
20.5	1.00	92.28	92.28	1891.74
21.5	0.90	45.98	41.38	889.67
22.5	0.70	26.09	18.26	410.85
23.5	0.30	9.56	2.86	67.21
24.5	0.10	1.66	0.16	3.92
			$R_0 = \sum l_x.m_x$ 215.86	$X.l_x.m_x =$ 4451.33

RESULTS AND DISCUSSION

The life table showing survival (l_x) and the age-specific fecundity (m_x) of *T. fletcheri* minor is presented in Table I. The duration of the immature stages of this insect was recorded as 19.5 days. The first female mortality within the cohort occurred on day 3 after the adult emergence and mortality

increased thereafter. The female contributed the highest egg production ($m_x = 92.28$) in the life cycle on the 20th day and the lowest ($m_x = 1.66$) on the 24.5th day of the pivotal age (Fig. 1). Reproduction ceased on the fifth day after oviposition commencement. The population multiplication rate was 215.86 ($l_x \cdot m_x$) at the end of each generation (Table I). The population increased with an infinitesimal rate (r_m) of 0.263 as finite rate (λ) of 1.29 per female per day (Fig. 2). One generation was completed in 20.67 days (T). The weekly multiplication of the population was 6.171 times (Table II). It was estimated that on reaching stable age distribution, the population of *T. fletcheri minor* comprised 6.42% eggs, 60.09% nymphs and 33.49% adults (Table III). The maximum contribution to the population increase was made by immature stages. The sex ratio was 0.55 ± 0.18 .

Table II. Mean length of the generation, innate capacity for increase in numbers and finite rate of increase in numbers in *Trioza fletcheri minor* Crawf. on a primary tasar food plant.

Tableau II. Durée moyenne d'une génération, capacité innée d'augmentation et taux fini d'augmentation de la population chez *Trioza fletcheri minor* Crawf. sur une plante nourricière tasar primaire.

Particulars / Données	
Mean length of the generation / <i>Durée moyenne d'une génération</i>	20
$X \cdot l_x \cdot m_x / R_0$	
Innate capacity for increase in numbers / <i>Capacité innée d'augmentation</i>	0.260
$r_e = \log R_0 / R_c$	
Now arbitrary r_m (rc) are / <i>Les r_m (rc) arbitraires sont donc</i>	
$0.26 \text{ \& } 0.28 \text{ e } 7 \cdot r_{mx} \cdot l_x \cdot m_x = 1096.6 \cdot r_m$	0.2638
Finite rate of increase / <i>Taux fini d'augmentation</i>	
Antilog r_m	1.29
Corrected generation time (days) / <i>Durée d'une génération en temps corrigé (jours)</i>	
$\log R_0 / r_m$	20.67
Weekly multiplication of the population / <i>Multiplication hebdomadaire de la population</i>	
$(e^{r_m})^7$	6.171

Fig. 1: Age-specific survival and fecundity of *Trioza fletcheri minor* on *Terminalia arjuna*.

Fig. 1 : Survie et fécondité en fonction de l'âge chez *Trioza fletcheri minor* sur *Terminalia arjuna*.

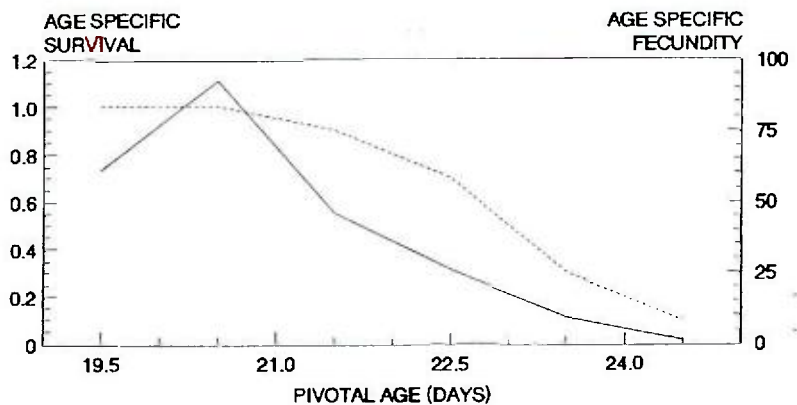


Table III. Stable age distribution of *Trioza fletcheri* minor Crawf. on a primary tasar food plant (rm 0.263).Tableau III. Répartition stable des âges de *Trioza fletcheri* minor Crawf. sur une plante nourricière tasar primaire (rm 0.263).

X	xL_x	$e^{-r_m} (x + 1)$	$L_x \cdot e^{-r_m} (x + 1)$	% distribution 100 B L_x $e^{-r_m} (x + 1)$	
0	1.00	0.7687	0.7687	2.72	Eggs / Oeufs 6.42
1	1.00	0.5909	0.5909	2.09	
2	1.00	0.4542	0.4542	1.61	
3	1.00	0.3492	0.3492	1.23	
4	0.96	0.2684	0.2576	9.14	
5	0.93	0.2063	0.1918	6.80	
6	0.90	0.1586	0.1427	5.06	
7	0.85	0.1219	0.1036	3.67	
8	0.80	0.937	0.749	2.65	
9	0.80	0.7207	0.0576	2.04	Nymphs / Nymphes 60.09
10	0.80	0.5540	0.0432	1.53	
11	0.75	0.0425	0.318	1.12	
12	0.72	0.0327	0.0235	8.34	
13	0.60	0.0251	0.0150	5.32	
14	0.55	0.0193	0.0106	3.76	
15	0.64	0.148	0.009	3.19	
16	0.40	0.0114	0.0045	1.59	
17	0.35	8.7912	3.07692	1.09	Adults / Adultes 33.49
18	1.00	6.7581	6.7581	2.01	
19	1.00	5.1953	5.1953	1.55	
20	1.00	3.9978	3.9938	1.39	
21	0.90	3.0702	2.7631	9.16	
22	0.90	2.3602	2.1258	7.42	
23	0.40	1.8140	0.7245	2.33	
24	0.20	1.3948	0.2789	9.45	
25	0.10	1.0722	0.1072	3.74	

$$I/B = 0.0355; xL_x = \int_x^{x+1} l_x dx$$

It was observed that the adult population oscillated due to changes in abiotic factors (Singh *et al.*, 1988; Fernandes, 1990; Weis *et al.*, 1988; Subramanian, 1992). Life table studies on gall-forming insects (Walton, 1960; Boujou and Nguyen, 1974; Mathur, 1975) indicated that the net reproductive rate, mean generation time and innate capacity for increase and cohort generation were inversely related. However, such a comparison is difficult as developmental conditions are not the same for all gall-forming insects.

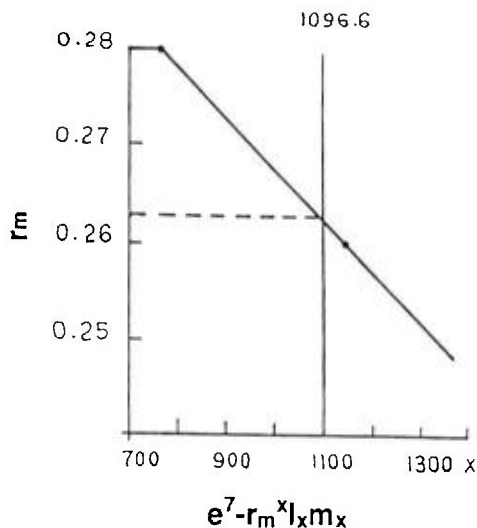


Fig. 2: Determination of the intrinsic rate of increase (r_m) on a primary tasar food plant.

Fig. 2 : Détermination du taux d'augmentation intrinsèque (r_m) sur une plante nourricière tasar primaire.

The fecundity of gall insects vary between 150-500 eggs (Mani, 1964, 1973; Mathur, 1975; Miyatake, 1969; Rygg, 1977; Hodkinson, 1974). However, the actual number of eggs laid depends upon a number of factors including the host species, the host density, and the temperature (Stray, 1988). The estimates of R_0 for the female *T. fletcheri minor* are lower than those for some other psyllids, particularly species of *Trioza* (Sorin, 1959; Stahler, 1964; Hodkinson, 1978). Messenger (1964) considered the growth rate, r_m , as a bioclimatic index. As an index of fitness of entomophages (Andrewartha and Birch, 1954) r_m was found to vary widely among the psyllids studied and lower in less known species than in commonly known psyllids (Hodkinson, 1983). However, such a comparison is difficult as the experiments have seldom been performed in similar conditions. A number of factors and measurement methods influence R_0 and r_m values to a great extent (Force and Messenger, 1964; Cohen and Mackauer, 1987; Hofsvang and Hagvar, 1975). The cohort generation time of *T. fletcheri minor* is 19.5, which is higher than in *Trioza indica*. The value of rw (weekly multiplication rate of the female) indicates that *T. fletcheri minor* is skewed highly to the right (Fig. 1), indicating that females in older age classes (4 days after eclosion) contributed very little female progenies to the cohort. The mean sex ratio was higher than the predicted sex ratio of 0.5. The mean sex ratio was above 0.5 throughout the life of *T. fletcheri minor*, indicating a higher proportion of females leading to accelerated growth rate of the population.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are thankful to Mr M. Dhandapani, Computer Programmer, for analysing the data and to Dr N.S. Sen, Reader, Department of Zoology, Ranchi University, Ranchi, for valuable suggestions.

REFERENCES

- ANANTHAKRISHNAN T.N. (1982) Adaptive strategies in gall thrips. *Curr. Sci.*, 52, 72-73.
 ANANTHAKRISHNAN T.N. (1984) Adaptive strategies in cecidogenous insects. *In* Biology of Gall Insects. T.N. Ananthakrishnan (ed.), Oxford and IBH Publishing Company, New Delhi, pp. 1-10.
 ANDREWARTHA H.G., BIRCH L.C. (1954) The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, 782 pp., Chicago and London.

- BIRCH L.C. (1948) The intrinsic rate of natural increase of an insect population. *J. Anim. Ecol.*, 17, 15-26.
- BOUJOU B., NGUYEN T.X. (1974) Observations sur la morphogenèse et la structure de la galle de *Trioza alacris* Flor (Homoptera - Psyllidae) sur *Laurus nobilis* L. *Marcellia*, 33, 237-254.
- COHEN M.B., MACKAUER M. (1987) Intrinsic rate of increase and temperature coefficients of the aphid parasite, *Ephedrus californicus* (Hymenoptera : Aphididae). *Can. Entomol.*, 119, 231-237.
- FERNANDES G.W. (1990) Hypersensitivity : A neglected plant resistance mechanism against insect herbivores. *Environ. Entomol.*, 19, 1173-1182.
- FORCE D.C., MESSENGER P.S. (1964) Fecundity, reproductive rates and innate capacity for increase of three parasites of *Terioaphis maculata* (Buckton). *Ecology*, 45, 706-715.
- HODKINSON I.D. (1974) The biology of psyllidae (Homoptera): a review. *Bull. Ent. Res.*, 64, 325-339.
- HODKINSON I.D. (1978) The psyllids (Homoptera: Psylloidea) of Alaska. *Syst. Ent.*, 3, 333-360.
- HODKINSON I.D. (1983) The psyllids (Homoptera: Psylloidea) of the Austro-oriental Pacific and Hawaiian zoogeographical realms: an annotated check list. *J. Nat. Hist.*, 17, 341-377.
- HOFVANG T., HAGVAR E.B. (1975) Developmental rate, longevity, fecundity and oviposition period of *Ephedrus cerasicola* Stary (Hymenoptera: Aphididae) parasitising *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera) on *Parkia*. *Norw. J. Entomol.*, 22, 15-22.
- MANI M.S. (1964) Ecology of plant galls. The Hague, W. Junk, 434 pp.
- MANI M.S. (1965) Key to plant galls from India. *Marcellia*, 34(314), 191-201.
- MANI M.S. (1973) Notes on the biology of Psyllidae. *Indian Forest Records*, 1, 35-70.
- MATHUR R.N. (1946) On immature stages of some Psyllidae. *Indian J. Entomol.*, 8, 224, 236.
- MATHUR R.N. (1975) Psyllidae of the Indian subcontinent. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, pp. 363-368.
- MESSENGER P.S. (1964) Use of life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system. *Ecology*, 45, 119-131.
- MIYATAKE Y. (1969) On the life cycle and immature stages of *Trioza cinnamomi* (Boselli) with the redescription of adult (Homoptera: Psyllidae). *Bull. Osaka Mus. Nat. Hist.*, 22, 19-30.
- RYGG T. (1977) Biological investigations on the carrot psyllid, *Trioza apicalis* Forsler (Homoptera: Triozidae). *Meldinger Norges Landbrukshogskole*, 56(3), 1-20.
- RAMAN A. (1991) Cecidogenesis of leaf galls on *Syzygium cumini* (L.) Skeeds (Myrtaceae) induced by *Trioza jambolanae* Crawford (Homoptera: Psyllidae). *J. Nat. History*, 25, 653-663.
- SINGH R.N., MANDAL K.C., BHENGRA S.R., SENGUPTA K. (1988) Studies on the population of the gall insect, *Trioza fletcheri minor* (Crawford) (Homoptera: Psyllidae) at the field laboratory of Central Tasar Research and Training Institute, Nagri. *Sericologia*, 28(1), 117-122.
- SORIN M. (1959) On the life history and immature stages of *Trioza camphorae* Sasaki (Psyllidae: Homoptera). *Kontyu*, 27, 244-248.
- STAHLER N. (1941) Psyllid galls on avocado. *Bull. Calif. Dept. Agric.*, 30, 217 pp.
- STRAY P. (1988) Aphididae. In *Aphids, their biology, natural enemies and control*. A.K. Minks and P. Harrewijn eds., Volume B, Elsevier Science Publ., Amsterdam, The Netherlands.
- SUBRAMANIAN V.R., GOPICHANDRAN R., PETER A.J. (1992) Life table studies of some gall thrips in relation to gall development. *Hexapoda*, 3(1 & 2), 48-52.
- WATSON (1964) Influence of host plant conditions on population increase of *Tetranychus telarius* (Linnaeus) (Acarina: Tetranychidae). *Hilgardia*, 35(11), 273-322.
- WALTON B.C.J. (1960) The life cycle of the hackberry gall former, *Pachypsulla celtidis-gemma* (Homoptera: Psyllidae). *Ann. Entomol. Soc. America*, 53, 265-277.
- WEISS A.E., WALTON R., GEGO L.C. (1988) Reactive plant tissue sites and population biology of gall makers. *Ann. Rev. Entomol.*, 9, 521-528.

ETUDE DU CYCLE DE *TRIOZA FLETCHERI MINOR* (PSYLLIDAE : HOMOPTERA) CECIDOGÈNE SUR UNE PLANTE NOURRICIERE TASAR

R.N. SINGH & K. THANGAVELU

Central Tassar Research and Training Institute, Piska Nagri, Ranchi - 835 303, Bihar, Inde.

*L'étude du cycle vital de *Trioza fletcheri minor* Crawf. (Psyllidae : Homoptera) qui est responsable de la galle sur les feuilles de *Terminalia arjuna* Bedd. indique que le taux de reproduction (R_0), qui représente le nombre total de naissances femelles, est de 215,86. La population augmente à la vitesse infinitésimale (r_m) de 0,263 et une la vitesse finie (λ) de 1,29 par femelle et par jour. La durée d'une génération est de 19,5 jours avec six générations par an. La population comprend environ 99 % de stades immatures au moment de la période pic.*

INTRODUCTION

Les psyllidés cécidogènes présentent une relation significative avec leur hôte qui se traduit par une exploitation du substrat de l'hôte par l'organisme responsable de la galle tandis que l'hôte est capable de réguler les caractéristiques du cycle vital de son parasite (Mani, 1964 ; Ananthakrishnan, 1984 ; Raman, 1991). Les nymphes de *Trioza fletcheri minor* induisent la galle sur les feuilles des plantes hôtes tassar primaires *Terminalia arjuna* Bedd. et *Terminalia tomentosa* qui sont utilisées pour le nourrissage du ver à soie tassar *Antheraea mylitta* Drury. Les paramètres de leur cycle vital, comme la durée, les taux de reproduction et de survie, la qualité de la descendance, etc., semblent être bien spécialisés chez les insectes cécidogènes étant donné que la majeure partie de leur cycle vital est étroitement associée avec la formation de l'amas de galles dans lequel l'insecte cécidogène effectue pratiquement la totalité de son développement en se nourrissant du tissu des galles (Ananthakrishnan, 1982, 1984). Le cycle vital constitue un résumé concis de certaines caractéristiques liées au développement des populations d'insectes et permet d'étudier la dynamique de population en fournissant un schéma d'observation et d'explication des modifications des populations au cours de la vie d'un insecte. Étant donné le manque d'informations sur ces paramètres chez l'insecte cécidogène *T. fletcheri minor* (Mani, 1965 ; Mathur, 1946, 1975), cette étude a été réalisée afin de déterminer son taux de reproduction sur les plantes hôtes tassar primaires.

MATERIELS ET METHODES

L'étude du cycle vital a été réalisée sur une culture expérimentale de *T. fletcheri minor* maintenue à 22 ± 5 °C. Un nombre connu de paires d'adultes a été placé sur des petites plantules de *T. arjuna* recouvertes de filets en nylon peu avant la ponte. Toutes les 24 heures, les feuilles exposées et les plantules ont été remplacées par des plantes fraîches pendant toute la durée du cycle vital. Les plantules exposées ont été recouvertes de filets en nylon et examinées quotidiennement afin d'observer les pontes. Dès que les oeufs pondus forment des galles au stade terminal, ils sont ramassés avec un fragment de feuille et placés individuellement dans des éprouvettes marquées (2×10 cm) contenant chacune un papier filtre humide. Les insectes éclos sont sexés et comptés. On a étudié la fécondité et la longévité de *T. fletcheri minor* pour une cohorte de 10 femelles. Le taux de reproduction net (R_0 : total de descendants femelles par femelle) et le taux intrinsèque d'augmentation naturelle (r_m), qui est considéré comme "indice d'adaptabilité" chez les entomophages (Andrewartha et Birch, 1954) ont été calculés d'après la méthode de Birch (1948) modifiée par Watson (1964). L'indice r_m a été estimé à l'aide du substitut essai-erreur de r_m dans l'équation de Lotka-Euler :

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

où x = âge pivot, l_x = survie en fonction de l'âge de la cohorte (proportion de parents femelles ayant survécu au jour x) et m_x = taux de fécondité net en fonction de l'âge (nombre moyen de descendants femelles éclos/par jour).

Le taux fini d'augmentation est exprimé sous la forme $(\lambda) = \text{antilog } r_m$. R_0 a été calculé sous la forme $R_0 = \sum x l_x m_x$ et la durée moyenne d'une génération (T) a été déterminée d'après $\sum x l_x m_x$ divisé par R_0 . Les données concernant les autres paramètres du cycle vital ont été calculées comme suit : durée moyenne d'une génération chez d , $G = \ln R_0 / r_m$, taux hebdomadaire de reproduction $r = (e^{r_m})^7$ et durée de doublement de la population chez d , $t = \ln 2 / r_m$; la distribution des âges (pourcentage de répartition des différents stades) a également été déterminée en observant le taux de naissance et le taux de mortalité de la population (m_x et l_x).

RESULTATS ET DISCUSSION

Le cycle vital donnant le taux de survie (l_x) et la fécondité en fonction de l'âge (m_x) de *T. fletcheri minor* est présenté dans le tableau I. La durée des stades immatures de cet insecte est de 19,5 jours. La première mort d'une femelle à l'intérieur de la cohorte survient 3 jours après l'émergence des adultes et la mortalité augmente par la suite. Les femelles donnent la production maximale d'oeufs ($m_x = 92,28$) au jour 20 et la production minimale ($m_x = 1,66$) au jour 24,5 de l'âge pivot (Fig. 1). La reproduction cesse cinq jours après le début de l'oviposition. Le taux de multiplication de la population est de 215,86 ($l_x \cdot m_x$) à la fin de chaque génération (Tableau I). La population augmente au taux infinitésimal (r_m) de 0,263 et au taux fini (λ) de 1,29 par femelle et par jour (Fig. 2). Une génération dure 20,67 jours (T). La multiplication hebdomadaire de la population est de 6,171 (Tableau II). Une fois stabilisée, la population de *T. fletcheri minor* comprend 6,42 % d'oeufs, 60,09 % de nymphes et 33,49 % d'adultes (Tableau III). Les stades immatures donnent la contribution maximale à l'augmentation de la population. Le ratio des sexes est de $0,55 \pm 0,18$.

La population adulte varie en fonction des facteurs abiotiques (Singh et coll., 1988 ; Fernandes, 1990 ; Weis et coll., 1988 ; Subramanian, 1992). Les travaux sur le cycle vital des insectes cécidogènes (Walton, 1960 ; Boujou et Nguyen, 1974 ; Mathur, 1975) indiquent que le taux de reproduction net, la durée moyenne d'une génération et la capacité innée d'augmentation et la génération d'une cohorte sont en relation inverse. Cependant, une telle comparaison est difficile car les conditions du développement ne sont pas identiques pour tous les insectes cécidogènes.

La fécondité chez les insectes cécidogènes varie de 150 à 500 oeufs (Mani, 1964, 1973 ; Mathur, 1975 ; Miyatake, 1969 ; Rygg, 1977 ; Hodkinson, 1974). Cependant, le nombre d'oeufs effectivement pondus dépend d'un certain nombre de facteurs comme l'espèce hôte, la densité de l'hôte et la température (Stray, 1988). Les valeurs estimées de R_0 pour *T. fletcheri minor* femelle sont inférieures à celles obtenues chez certains autres psyllidés, en particulier les espèces de *Trioza* (Sorin, 1959 ; Stahler, 1964 ; Hodkinson, 1978). Messenger (1964) considère le taux de croissance r_m comme un indice bioclimatique. Comme indice d'adaptabilité des entomophages (Andrewartha et Birch, 1954), r_m varie fortement entre les psyllidés étudiés et est plus faible chez les espèces mal connues que chez les psyllidés courants (Hodkinson, 1983). Cependant, il est difficile d'établir une comparaison, les expériences ayant rarement été réalisées dans des conditions identiques. Un certain nombre de facteurs et de méthodes de mesure ont une influence marquée sur les valeurs de R_0 et de r_m (Force et Messenger, 1964 ; Cohen et Mackauer, 1987 ; Hofsvang et Hagvar, 1975). La durée d'une génération de *T. fletcheri minor* (19,5) est plus élevée que chez *Trioza indica*. La valeur de r_w (taux de reproduction hebdomadaire d'une femelle) indique que *T. fletcheri minor* est fortement incliné à droite (Fig. 1), ce qui indique que les femelles âgées (4 jours après l'éclosion) contribuent très peu à la reproduction de femelles dans la cohorte. Le ratio moyen des sexes est supérieur au ratio théorique des sexes (0,5). Le ratio moyen des sexes dépasse 0,5 sur la totalité du cycle vital de *T. fletcheri minor*, ce qui correspond à une proportion élevée de femelles entraînant une accélération de croissance de la population.

BIBLIOGRAPHIE - BIBLIOGRAPHY

Sériciculture générale	570
General sericulture	
Mûrier	574
Mulberry	
<i>B. mori</i> : élevage, nutrition, pathologie	580
<i>B. mori</i> : rearing, feeding, pathology	
Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie	584
Non-mulberry silkworms: rearing, feeding, pathology	
Vers à soie : génétique	586
Silkworms: genetics	
Vers à soie : physiologie, biochimie	589
Silkworms: physiology, biochemistry	
Vers à soie : oeufs, embryologie	593
Silkworms: eggs, embryology	
Soie	595
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 summary.

Sériciculture générale

General sericulture

International conference on sericulture : global silk scenario - 2001. Plans and programmes.

Conférence internationale sur la sériciculture : la soie dans le monde - 2001. Projets et programmes.
BENCHAMIN K.V.

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

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 9-12. (E)

Arrival of cocoons and price trends in cocoon markets of Karnataka.

Arrivée des cocons et tendances des prix sur les marchés de cocons du Karnataka.

CHIKKANNA, SARANGI R.N., THIAGARAJAN V.

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

1994 Indian Silk, Vol. 33(3), 33-35. (E)

Changing patterns in demand for silk and silk products.

Changements dans la demande en soie et en produits de soie.

CURRIE R.

Association internationale de la Soie, 34 rue de la Charité, 69002 Lyon, France.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 13-18. (E)

Silktex India '94 - a trend setter in technology upgradation !

Silktex India '94 : une tendance vers l'amélioration de la technologie !

DALWANI S.K.

All Indian Silk Machinery Manufacturers' Association (AISMMMA), Bangalore, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 37-39. (E)

Women in sericulture : development issues.

Les femmes dans la sériciculture : les débouchés.

DANDIN S.B.

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

1994 Indian Silk, Vol. 33(5), 15-20. (E)

Economics of silkworm seed production in Karnataka.

Economie de la production de graines de vers à soie au Karnataka.

DAS R.C., BENCHAMIN K.V., KUMARESAN P.

Central Silk Board, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001,
India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(4), 23-25. (E)

International conference on sericulture : global silk scenario - 2001. Objectives.

Conférence internationale sur la sériciculture : la soie dans le monde - 2001. Objectifs.

DATTA R.K.

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

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 7-8. (E)

Silk in Asia.

La soie en Asie.

ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)

United Nations Building, Rajadamnern Avenue, Bangkok 10200, Thailand.

1994 International Trade and Economic Division, ESCAP. 60 p. (E)

An overview of sericulture in Tamil Nadu.

Panorama de la sériciculture au Tamil Nadu.

GANGWAR S.K., THANGAVELU K.

Regional Sericultural Research Station, Ranchi, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(4), 29-32. (E)

NABARD and the development of sericulture.

La NABARD et le développement de la sériciculture.

GOPAL S.

National Bank for Agriculture and Rural Development, Bangalore, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 21-23. (E)

The world market for silk.

Le marché mondial de la soie.

GREENHALGH P.

Tropical Development and Research Institute, London, United Kingdom.

1983 Report of the Tropical Development and Research Institute (UK), N G195, 188 p. (E)

Prospects of Indian silk exports.

Perspectives des exportations de soie indienne.

GUPTA A.K.

Indian Silk Export Promotion Council (ISEPC), Bombay, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 29-31. (E)

Silk : biology, structure, properties and genetics.

La soie : biologie, structure, propriétés et génétique.

KAPLAN D., ADAMS W.W., FARMER B., VINEY C.

Biotechnology Division, Natick Research, Development and Engineering Center, U.S. Army, Natick, MA 01760-5020, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 2-16. (E)

Raw silk : its present and future.

Soie grège : présent et futur.

KOTBI F.A.

71, Abd El-Monhim Riad St., Agouza, Giza Great, Cairo, Egypt.

1994 Livre écrit en arabe / Book written in Arabic.

Japanese system of silkworm breeding : hybrid evaluation and authorisation.

Système japonais de breeding des vers à soie : évaluation des hybrides et autorisation.

KUMAR S.N., REDDY N.M., YAMAMOTO T.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(5), 5-11. (E)

Japanese system of silkworm breeding : origin and progress.

Système japonais de breeding des vers à soie : origine et progrès.

KUMAR S.N., YAMAMOTO T.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(3), 7-12. (E)

Activities of Korean silk enterprises in Latin america.

Activités des entreprises soyeuses coréennes en Amérique Latine.

LEE S.P.

Sericultural Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon, Korea Republic.

1991 Journal of the Korean Society of International Agriculture, Vol. 3(1), 1-10. (K,e)

Mulberry silk industry in Orissa.

Industrie de la soie du mûrier dans l'Etat d'Orissa.

MISHRA S.N.

Demonstration-cum-Training Center, Koraput, Orissa, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(5), 27-31. (E)

Silk exports - Indian experience.

Exportations de soie : l'expérience indienne.

NAGARAJAN L.V.

Mysore Minerals Ltd., Bangalore, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 19-20. (E)

Non-sericultural uses of moth cocoons in diverse cultures.

Utilisations non-séricoles des cocons de papillons dans différentes habitudes culturelles.

PEIGLER R.S.

Department of Zoology, Denver Museum of Natural History, 2001 Colorado Boulevard, Denver, Colorado 80205-5798, USA.

1994 Proceedings of the Denver Museum of Natural History, Series 3, Number 5. (E)

Potentiality of sericulture in Mizoram.

Potentialité de la sériciculture au Mizoram.

PRASAD D.N., RAY B.N., PRASAD B.C.

Central Tasar Research and Training Institute, Nagri, Ranchi 834 005, Bihar, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(3), 37-40. (E)

Corporate sericulture : a techno-commercial review.

Sériciculture coopérative : une revue technico-commerciale.

RAMAKRISHNAN T.R., GUPTA S.M., KATHAVATE A.Y.

Kirloskar Brothers Limited, Udyog Bhavan, Tilak Road, Pune, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 25-28. (e)

The silk and spice routes. Exploration by sea.

Les routes de la soie et des épices. Exploration par la mer.

REID S.

1993 Belitha Press Limited, 31 Newington Green, London N16 9PU, United Kingdom. (Unesco publishing) 48 p. (E)

NGOs in sericulture - problems and prospects.

Les organisations non gouvernementales dans la sériciculture : problèmes et perspectives.

SHETTY K.K.

Central Silk Board, United Mansions, 2nd Floor, 39, Mahatma Gandhi Road, Bangalore 560 001, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(6), 32-36. (E)

Adoption of improved sericultural practices by big and small farmers.

Adoption des pratiques séricicoles améliorées par les grands et les petits fermiers.

SIDDARAMAIAH B.S., KUMAR R.P.

Department of Agricultural Extension, Univ. of Agricultural Sciences, Bangalore 560 065, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(4), 5-7. (E)

Knowledge level and adoption of new sericulture technology by farmers in Hunsur Taluk, Mysore District, Karnataka State - an evaluation.

Niveau de connaissance et adoption d'une nouvelle technologie de la sériciculture par les fermiers de Hunsur Taluk, district de Mysore, Etat du Karnataka : une évaluation.

SINGHVI N.R., RAO M.K.S., RAO Y.R.M., IYENGAR M.N.S., DATTA R.K.

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

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 48-55. (E)

The silk and spice routes. Exploration by land.

Les routes de la soie et des épices. Exploration par la terre.

STRATHERN P.

1993 Belitha Press Limited, 31 Newington Green, London N16 9PU, United Kingdom. (Unesco publishing) 48 p. (E)

Marketing problems - a major hurdle in sericulture development.

Les problèmes de commercialisation : un obstacle majeur au développement de la sériciculture.

THIAGARAJAN V.

Regional Sericultural Research Station, Coonoor, India.

1994 Indian Silk, Vol. 33(5), 21-22. (E)

Production technology of canned spiced oak silkworm pupae.

Technologie de production des chrysalides de vers à soie du chêne épicées en boîte.

YAN D.M. *et al.*

1994 Canye Kexue, Vol. 20(3), 191. (C)

Mûrier

Mulberry

Salinity responses of the triploid mulberry varieties.

Réactions à la salinité des variétés de mûriers triploïdes.

ANAS S.S.M., VIVEKANANDAN M.

Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Bharathidasan University, Tiruchirapalli 620 024, Tamilnadu, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 92-94. (E)

Intercropping of mulberry with coconut under rainfed conditions.

Culture intercalée de mûriers et de cocotiers en régime pluvial.

ANILKUMAR A.S., MUTALEEDHARAN N.R., SASIDHARAN P.K., ANITHA N., KRISHNAKUMAR R.

NARP (SR), College of Agriculture, Vellayani, Kerala, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 17-18. (E)

N-containing sugars from *Morus alba* and their glycosidase inhibitory activities.

Les sucres azotés de *Morus alba* et leurs activités inhibitrices des glycosidases.

ASANO N., OSEKI K., TOMIOKA E., KIZU H., MATSUI K.

1994 *Carbohydrate Research*, Vol. 259, 243-255. (E)

Possible control of tukra disease in mulberry using aqueous plant extracts of natural pesticide origin.

Lutte possible contre la maladie tukra chez le mûrier par utilisation d'extraits végétaux aqueux de pesticides naturels.

BABU R.S., DORCUS D., VIVEKANANDAN M.

Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Bharathidasan University, Tiruchirapalli 620 024, Tamilnadu, India.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 175-182. (Ej)

Changes in morpho-physiology, water relations and nutrients in "tukra" diseased leaves of a few mulberry varieties.

Variations de la morpho-physiologie, des échanges aqueux et des substances nutritives dans les feuilles de quelques variétés de mûriers atteintes par la maladie tukra.

BABU R.S., DORCUS D., VIVEKANANDAN M.

Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Bharathidasan University, Tiruchirapalli 620 024, Tamilnadu, India.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 183-188. (Ej)

Efficacy of some insecticides against eggs of *Maconellicoccus hirsutus* Green on mulberry *Morus alba* L.

Efficacité de quelques insecticides contre les oeufs de *Maconellicoccus hirsutus* Green présents sur le mûrier *Morus alba* L.

BEEVI N.D., JANARTHANAN R., NATARAJAN K.

Department of Agricultural Entomology, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India.

1992 *Journal of Insect Science*, Vol. 5(1), 114. (E)

Influence of host varieties and fungicides on conidial germination of *Phyllactinia corylea*.

Influence des variétés hôtes et des fongicides sur la germination conidiale de *Phyllactinia corylea*.

BISWAS S., MANDAL S.K., ROY B.N., SEN S.K.

Central Sericultural Research and Training Institute, Berhampore 742 101, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 15-18. (E)

Artificial seeds : a novel approach for mulberry propagation.

Graines artificielles : une nouvelle approche de la multiplication du mûrier.

CHAND P.K., SAHOO Y., PATNAIK S.K.

National Sericulture Project, Post-Graduate Department of Botany, Utkal University, Bhubaneswar 751 004, Orissa, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(5), 33-38. (E)

Studies on mulberry protoplast isolation techniques.

Etudes des techniques d'isolement de protoplastes chez le mûrier.

CHEN A.Y., WANG Y., NI G.F.

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

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 141-144. (C,e)

Intercropping in mulberry.

Cultures intercalées avec le mûrier.

GARGI, KUMAR R., PRASAD D.N., CHAKRAVORTY R.

Regional Sericultural Research Station, Jorhat, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 13-15. (E)

Guangdong polyploidy mulberries and their breeding progress.

Mûriers polyplodes de Guangdong et progrès de leur sélection.

GUO Z.X., XIAO G.S., SU D.D.

Sericultural Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510642, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 67-71. (C,e)

Studies on bud-retained summer pruning techniques for low trunk mulberries.

Etudes des techniques de taille estivale pour la conservation des bourgeons chez les mûriers en taille basse.

HE G.H. et al.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 180-181. (C)

Dispersion statistics and sample size estimates for *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) on mulberry.

Statistiques de dispersion et évaluations de la taille des échantillons pour *Tetranychus kanzawai* (Acari : Tetranychidae) présent sur le mûrier.

HO C.C.

Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, Republic of China.

1993 *Environmental Entomology*, Vol. 22(1), 21-25. (E)

Effects of rotary shaking on the induction of adventitious buds in mulberry leaves cultured *in vitro*.

Effets du secouage rotatif sur l'induction des bourgeons adventices chez les feuilles de mûriers en culture *in vitro*.

KATAGIRI K., NGUYEN T.T.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.
1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 278-283. (E)

Root initiation and acclimatization of mulberry shoots by the *ex vitro* rooting method with mist treatment.

Initiation des racines et acclimatation des pousses de mûrier par la méthode de racinement *ex vitro* avec vaporisation.

KATASE M.

Chiba Sericulture Center, Togane, Chiba 283, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 293-298. (J,e)

Death's head hawk *Acherontia* sp. : a new mulberry pest.

Le papillon faucon à tête de mort *Acherontia* sp. : un nouveau nuisible pour le mûrier.

KISHORE R., KATIYAR R.L., KUMAR P., DATTA R.K.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 8. (E)

Development of an automatic maintenance vehicle for mulberry field.

Développement d'un véhicule de maintenance automatique pour les mûraies.

KOBAYASHI T.

National Agricultural Research Center, 3-1-1- Kannondai, Tsukuba, 305, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 323-329. (J,e)

Optimum age of replacement of mulberry garden in Karnataka.

Age optimum de remplacement des mûraies au Karnataka.

KUMARESAN P., SRINIVASA G., KUMAR K.S.A.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 56-58. (E)

Seasonal changes of carbohydrate and nitrogen status in mulberry tree.

Variations saisonnières des hydrates de carbone et de l'azote des mûriers.

LIN J.T., YU S.J., HSIEH F.K.

1993 *Zhonghua Nongxue Huibao*, Vol. 164, 46-55. (E)

***Mimastra cyanura* Hope : a new pest of mulberry.**

Mimastra cyanura Hope : Un nouveau parasite du mûrier.

NARAIN R., AWASTHI V.K., NEGI B.K., KHANNA R.P., TRIPATHI P.N.

P2 Basic Seed Farm, Dehradun, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 25-27. (E)

Chemical control of mulberry diseases in India - a review.

Lutte chimique contre les maladies du mûrier en Inde : une revue.

PHILIP T., GOVINDAIAH, BAJPAI A.K., DATTA R.K.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 1-5. (E)

Sprouting and rooting of mulberry, *Morus alba* L. var. Mysore local cuttings under NaCl salinity.

Bourgeonnement et racinement de boutures de mûrier *Morus alba* L. var. locales de Mysore sous salinité en NaCl.

RAMANJULU S., VEERANJANEYULU K., SUDHAKAR C.

Department of Botany, Sri Krishnadevaraya University, Anantapur 515 003, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 86-88. (E)

Sericulture extension and women in sericulture.

La vulgarisation et les femmes dans la sériciculture.

RAO M.K.S.

Department of Agricultural Extension, Univ. of Agricultural Sciences, Bangalore 560 065, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 34-39. (E)

Vertebrate steroid-like immunoreactive substances in mulberry - a new report.

Substances présentant une immunoréactivité analogues aux stéroïdes de type vertébré chez le mûrier : un nouveau rapport.

REDDY K.V.R., MAGADUM S.B., SHARMA P.V., NAIR K.S., DATTA R.K.

Immunology Laboratory, Institute for Research in Reproduction, Parcel, Bombay 400 012, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 36-39. (E)

Minor millets and pulses in mulberry garden.

Petits millets et légumineuses dans les mûraies.

SHANKAR M.A., RAVI K.N., PUTTASWAMY B., PUTTARAJU T.B., DEVAIAH M.C.

University of Agricultural Sciences, G.K.V.K., Bangalore 560 065, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(5), 13-14. (E)

Influence of bacterial biofertilizers under graded levels of nitrogen on the incidence of major mulberry diseases.

Influence des biofertilisants bactériens sous des niveaux variés d'azote sur l'incidence des principales maladies du mûrier.

SHARMA D.D., GOVINDAIAH, DAS P.K., PHILIP T., CHOUDHURY P.C., DATTA R.K.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 31-35. (E)

Larvae of *Aethina maculicollis* Reitter (Coleoptera, Nitidulidae), infesting mulberry fruits infected by a fungus *Ciboria shiraiana* (Hennings) Whetzel (Ascomycetes).

Les larves d'*Aethina maculicollis* Reitter (Coleoptera, Nitidulidae) infestant les fruits des mûriers infestés par un champignon *Ciboria shiraiana* (Hennings) Whetzel (Ascomycète).

SHIMANE T., MIYAZAKI M., HAYASHI N.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn.*, Vol. 63(3), 240-243. (J)

Effect of hormone on rooting in air-layering of *Terminalia arjuna* (Bedd).

Effet des hormones sur la pousse des racines des marcottes aériennes de *Terminalia arjuna* (Bedd).

SRIVASTAVA D.P., ISA MD., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 78-79. (E)

Role of micronutrients in *Terminalia*.

Rôle des micronutriments chez *Terminalia*.

SRIVASTAVA D.P., KHARE R.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(5), 43-44. (E)

Effect of split doses of fertilizers on yield of mulberry leaf.

Effet des engrais à doses fractionnées sur le rendement des feuilles de mûriers.

SUBBARAYAPPA C.T., SINHA A.K., SUNDARESWARAN P., SINGHVI N.R., DATTA R.K.
Central Sericultural Research and Training Institute, Srirampura, Manandavadi Road,
Mysore 570 008, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 72-73. (E)

Soil characteristics required for optimum growth of mulberry.

Caractéristiques du sol requises pour une croissance optimum du mûrier.

SUBBASWAMY M.R., REDDY M.M., SINHA A.K.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 3-5. (E)

A new triploid mulberry (*Morus alba*) variety 'Mitsushigeri'.

Une nouvelle variété de mûrier triploïde (*Morus alba*) "Mitsushigeri".

TOJYO I., WATANABE Y., HAYASAKA S., OHWADA K.

Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Japan.

1992 *Bulletin of the Tohoku National Agricultural Experiment Station*, Vol. 84, 1-27. (J,e)

Isozymes of peroxydase in mulberry germplasm introduced from Rajasthan.

Isozymes de la peroxydase dans la banque génétique de mûriers en provenance du Rajasthan.

VENKATESWARLU M., SUSHEELAMMA B.N., SARKAR A., DATTA R.K.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 98-99. (E)

Studies on biological characters and control of mulberry white caterpillar, *Rondotia menciaana* Moore.

Etudes des caractères biologiques et lutte contre la chenille blanche du mûrier *Rondotia menciaana* Moore.

XU M., ZHANG Y., ZHU X.F., YAN S.J., CHEN J., WANG P.S.

Sericultural Guidance Station, Rugao, Jiangsu 226500, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 136-140. (C,e)

Effect of retention of mulberry leaves and branches at pruning time on the regeneration of axillary buds and cytokinin contents in roots.

Effet de la rétention des feuilles et des branches de mûriers, au moment de la taille, sur la régénération des bourgeons axillaires et les taux de cytoquinine dans les racines.

YANAGISAWA Y., SHIOIRI H., KASAGI Y., KOBAYASHI T., SEKI K., KUDO T.

Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, Tokida, Ueda 386, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 201-205. (J,e)

Studies on phytoalexin of mulberry : phytoalexin analysis from mulberry bark of mydd resistant variety Yu-2.

Etudes sur la phytoalexine du mûrier : analyse de la phytoalexine de l'écorce de la variété de mûrier Yu-2.

YU Y.M., GU Y.L., WU J.M., CHEN P.G., KUAI Y.Z., XIA Z.S.

Shanghai Institute of Materia Medica, Academia Sinica, Shanghai 200031, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 77-79. (C,e)

Effects of methanol on mulberry leaf yields and density of *Pseudodendrothrip mori* Niwa.

Effets du méthanol sur les rendements en feuilles du mûrier et la densité de *Pseudodendrothrip mori* Niwa.

ZHAO Z.L. et al.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 119-120. (C)

A trial report on controlling mulberry gall-midge with granules of 5 % methyl-isofenphose.

Essai de lutte contre les moucheron~~s~~ de la galle du mûrier avec des granules contenant 5 % de méthyl-isofenphose.

ZHENG M.E. *et al.*

1994 Canye Kexue, Vol. 20(3), 192. (C)

Primary studies on mulberry phytoalexin.

Premières études sur la phytoalexine du mûrier.

ZHU F.P., KUAI Y.Z.

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

1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 72-76. (C,e)

Bombyx mori : élevage, nutrition, pathologie

Bombyx mori : rearing, feeding, pathology

Impact of starvation stress in bivoltine silkworm.

Impact du stress provoqué par le manque de nourriture chez les vers à soie bivoltins.

BASU R., ROYCHOUDHURY N., SHAMSUDDIN M., SEN S.K., SINHA S.S.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 27-28. (E)

Observation on the propagation of *Nosema bombycis* Nageli in silkworms.

Observation de la propagation de *Nosema bombycis* Nageli chez les vers à soie.

GONG C.L., PAN Z.H., LI D.S.

Suzhou Sericultural College, Suzhou 215151, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 158-160. (C,e)

Comparative studies on the serological relationships between microsporidian spores from different places.

Etudes comparatives des relations sérologiques entre des spores microsporidiennes d'origines différentes.

GUO X.J., HUANG K.W., SHEN Z.Y.

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

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 154-157. (C,e)

Silkworm rearing house construction : an ideal approach.

Construction d'une magnanerie : une approche idéale.

HIMANTHARAJ M.T., KAMBLE C.K., RAJAN R.K., DATTA R.K.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 19-22. (E)

Effect of mulberry leaf powder addition in artificial diet on the excretion of nitrogenous products and utilization of nitrogen in the silkworm, *Bombyx mori*.

Effet de l'ajout de poudre de feuille de mûrier dans l'aliment artificiel sur l'excrétion de produits azotés et l'utilisation de l'azote chez le ver à soie *Bombyx mori*.

HIRAYAMA C.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 206-231. (J,e)

Insecticidal activity of the CryIA(a) and CryIB delta-endotoxin of *Bacillus thuringiensis* was retained after the coding region of the gene was truncated and expressed in *Escherichia coli*.

L'activité insecticide de l'endotoxine delta CryIB et CryIA(a) de *Bacillus thuringiensis* disparaît une fois la région codante du gène tronquée et exprimée chez *Escherichia coli*.

IIZUKA T., ISHIKAWA S., ASANO S., BANDO H., ZHENG Z., MURAI N.

Applied Molecular Entomological Laboratory, Department of Applied Bioscience, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, N-9, W-9, Kita-ku Sapporo 060, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 303-309. (E,j)

Impact of starvation on larval and cocoon characters of silkworm, *Bombyx mori* L.

Impact du manque de nourriture sur les caractères de la larve et du cocon chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

JANARTHANAN S., SUBBURATHINAM K.M., KRISHNAN M.

Department of Biotechnology, School of Life Sciences, Bharathidasan University, Tiruchirapalli 620 024, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 89-91. (E)

Evaluation of safety and toxicity of Daoshijing on *Bombyx mori*.

Evaluation de la protection et de la toxicité vis à vis du Daoshijing chez *Bombyx mori*.

JIANG K.R., CHEN C.I., SUN H.W.

Suzhou Sericulture School, Suzhou 215151, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 86-89. (C,e)

Growth and economic characters of silkworm, *Bombyx mori* L. on feed enriched with neutralised aspartic acid.

Croissance et caractères économiques du ver à soie *Bombyx mori* L. élevé sur aliment artificiel enrichi en acide aspartique.

KABILA V., SUBBURATHINAM K.M., CHETTY J.S.

Zoological Research Laboratory, Thiagarajar College, Madurai 625 009, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 80-81. (E)

Analysis of amount of vapor released by the silkworm during mounting in high humidity atmospheres.

Analyse de la quantité de vapeur dégagée par le ver à soie au cours de la montée dans des atmosphères très chargées en humidité.

KOBAYASHI K.

Saitama-ken Sericultural Experiment Station, Kumagaya Saitama 360, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 189-193. (J,e)

A preliminary study on the biology of *Brachymeria* sp. on *Exorista Bombycis*, a new host record.

Etude préliminaire de la biologie de *Brachymeria* sp. sur *Exorista bombycis*, un nouvel hôte.

KUMAR P., KISHORE R., MANJUNATH D., DATTA R.K.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1) 74-75. (E)

Silkworm breeding concepts in Japan.

Concepts sur le breeding des vers à soie au Japon.

KUMAR S.N., YAMAMOTO T.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 9-15 (E)

Sex separation in mulberry silkworm.

Sexage du ver à soie du mûrier.

KUMAR V., TEWARI S.K., AWASHI A.K.

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

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 17-19. (E)

Serotyping of *Enterococcus faecalis* isolated from larval intestine of the silkworm, *Bombyx mori*.

Identification sérologique d'*Enterococcus faecalis* isolé de l'intestin larvaire du ver à soie *Bombyx mori*.

LU X.M., HASHIMOTO Y., SHIMIZU S., MATSUMOTO T., MAEKAWA S.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 330-332. (J)

Evaluation of semisynthetic diets for young age silkworm, *Bombyx mori* L.

Evaluation des régimes semi-synthétiques pour les jeunes vers à soie chez *Bombyx mori* L.

MAGADUM S.B., DATTA R.K., REMADEVI O.K., MOHAN M., CHOUDHURY S.K.

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

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 68-69. (E)

Cocoon weight of polyploids originated in the crossing of some gene marker strains in the silkworm, *Bombyx mori* L.

Poids des cocons de polypléides issus du croisement de quelques souches porteuses de gènes marqueurs chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

NAKADA T.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, N-9, W-9, Kita-ku Sapporo 060, Japan.

1991 Memoirs of the Faculty of Agriculture - Hokkaido University, Vol. 17(3), 356-364. (J,e)

Studies on the utilization of polyploid in the silkworm, *Bombyx mori*. 3. Cocoon weight of polyploids originated in the commercial races.

Etudes de l'utilisation de polypléides chez le ver à soie *Bombyx mori*. 3. Poids des cocons de polypléides issus de races commerciales.

NAKADA T., KIKUCHI K.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, N-9, W-9, Kita-ku Sapporo 060, Japan.

1991 Research Bulletin of the University Farm, Faculty of Agriculture - Hokkaido University, Vol. 27, 7-15. (J,e)

Determination of flight range of the uzy fly, *Exorista bombycis* (Louis) (Diptera : Tachinidae) through marking technique by adding dye to the adult diet.

Détermination du domaine de vol de la mouche uzy *Exorista bombycis* Louis (Diptera : Tachinidae) grâce à une technique de marquage par ajout d'un colorant à la nourriture des adultes.

NARAYANASWAMY K.C., KUMAR P., MANJUNATH D., DATTA R.K.

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

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 40-43. (E)

Protein A linked latex antisera (PALLAS) test for the detection of nuclear polyhedrosis in silkworm, *Bombyx mori* L.

Test immunologique par absorption de sérums anti-protéine A sur latex (PALLAS) pour la détection de la polyédrose nucléaire chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

NATARAJU B., DATTA R.K., SIVAPRASAD V., BAIG M., GUPTA S.K., SHAMIM M.

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

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 27-30. (E)

Changes in lipid and water content of *Bombyx mori* infested with *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*.

Variations des teneurs en lipides et en eau chez *Bombyx mori* infesté par *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki*.

SAHA B.N., KHAN A.R., FARUKI S.I.

Department of Zoology, Rajshahi University, Rajshahi 6205, Bangladesh, India.

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 65-67. (E)

Better technique for nutritive evaluation of mulberry leaves for silkworm, *Bombyx mori* L.

Une meilleure technique pour l'évaluation nutritive des feuilles de mûriers chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

SARKAR A., FUJITA H.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 19-22. (E)

Utilization of the frosted mulberry leaves as a source of artificial diet for silkworm.

Utilisation des feuilles de mûriers congelées comme source d'aliment artificiel pour le ver à soie.

SEOL G.Y., LEE S.P.

Sericultural Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon, Korea Republic.

1983 *Sericultural Journal of Korea*, Vol. 25(1), 51-52. (K,e)

Variation in susceptibility of *Bombyx* silkworms with different larval-body marking patterns to tachina fly, *Exorista sorbillans* Wied.

Variation de la susceptibilité de vers à soie *Bombyx* à la mouche tachinaire *Exorista sorbillans* Wied selon le type de marques présentes sur le tégument larvaire.

SHIMADA J., OSHIKI T., MURAKAMI A.

Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 235-239. (J,e)

Plastic bottle brush mountages for better cocoon quality and reelability.

Encabanages sur hérissos en plastique pour une meilleure qualité de cocons et de dévidabilité.

SINGH G.B., RAJAN R.K., INOKUCHI T., HIMANTHARAJ M.T., MEENAL A.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 29-32. (E)

The diagnosis of NPV disease by using PCR technique.

Diagnostic de la polyédrose nucléaire par utilisation de la PCR.

TU N.X. *et al.*

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 124-125. (C)

Relationship between number of pebrine population and number of pebrine moths in collective pebrine inspection of silkworm female moths, *Bombyx mori*.

Relation entre le nombre de spores de pébrine et le nombre de papillons pébrinisés au cours d'un contrôle collectif des papillons femelles du ver à soie *Bombyx mori*.

WANG L.F., XU S.Q.

Suzhou Sericulture College, Suzhou 215151, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 105-109. (C,e)

Analysis on morphological variation of polyhedra for *Bombyx mori* cytoplasmic polyhedrosis virus.

Analyse de la variation morphologique des polyèdres du virus de la polyédrose cytoplasmique chez *Bombyx mori*.

XU X.S., LIAN H.Z., MA H.Y.

Jiangxi University, Nanchang 330047, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 150-153. (C,e)

Studies on the adaptability of silkworm strains to artificial diet and the practical diets for rearing young silkworms of parental strains.

Etudes sur la faculté d'adaptation des souches de vers à soie à l'aliment artificiel et les aliments pratiques pour l'élevage des jeunes vers à soie des souches parentales.

ZHANG G.Z., TAI N.W., YANG R.Z., ZHUANG H.B.

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

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 80-85. (C,e)

Studies on a silkworm rearing room and floor disinfectant : 'Shuang Xiao Ning' lime white.

Etudes d'un désinfectant pour une pièce d'élevage de vers à soie et son sol : "Shuang Xiao Ning" à la chaux blanche.

ZHOU C.Q. *et al.*

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 188-189. (C)

Séricigènes non-mûriers : élevage, nutrition, pathologie

Non-mulberry silkworms : rearing, feeding, pathology

Plantation problems of muga food plants.

Problèmes des plantations des plantes hôtes du muga.

BASUMATARY R.R., ISA MD., BANERJEE N.D.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(5), 39-42. (E)

Studies on the pebrine pathogens in oak silkworm, *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville. II

Etudes des pathogènes de la pébrine chez le ver à soie du chêne *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville. II

DING J., SU G.M., WEN J.Z.

Research Institute of Sericultural Sciences, Fengcheng, Liaoning 118100, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 161-165. (C,e)

Distribution of reeling characteristic values for Chinese *Antheraea Yamamai*.

Distribution des valeurs des caractères de dévidage chez le ver à soie chinois *Antheraea yamamai*.

FENG L.G., PING X.Y., KONISHI T., SAKABE H.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 244-247. (J)

Effect of leaf harvest on the seed yield of castor, *Ricinus communis* L.

Effet de la récolte des feuilles sur le rendement en graines de *Ricinus communis* L.

ISA MD., YADAV G.S., PRASAD D.N., SINHA S.S.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 76-77. (E)

Comparative results of wild silkworm cocoon, *Antheraea yamamai* reared on different species of trees.

Résultats comparatifs de cocons de vers à soie sauvage *Antheraea yamamai* élevés sur différentes espèces d'arbres.

KIKUCHI K., SAITO H., IIZUKA T.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, N-9, W-9, Kita-ku Sapporo 060, Japan.

1991 *Research Bulletin of the University Farm, Faculty of Agriculture -Hokkaido University*, Vol. 27, 1-6. (J,e)

Raising spring oak silkworm in plastic film shed.

Elevage de printemps du ver à soie du chêne sur une litière en fil plastique.

LIU Z.L. et al.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 128-129. (C)

Major progress in applied studies on castor silkworms in China.

Progrès importants des études appliquées sur les vers à soie du ricin en Chine.

LUO H.C.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 171-179. (C)

The cocoon humidity in the development of *Acrolepiopsis assectella* (Lep.) pupae : consequences in adults.

L'humidité du cocon dans le développement des chrysalides d'*Acrolepiopsis assectella* (Lep.) : conséquences chez les adultes.

NOWBAHARI B., THIBOUT E.

Institut de Biocénologie Expérimentale des Agrosystèmes, Université de Tours, France.

1990 *Physiological Entomology*, Vol. 15(3), 363-368. (E)

Eri silkworm - The poor man's friend.

Le ver à soie eri : l'ami du pauvre.

PATIL G.M., SAVANURMATH C.J.

Department of Agricultural Sciences, Karnataka University, Dharwad, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(4), 41-45. (E)

Summer grainage methodology adopted in muga (*Antheraea assama* Westwood).

Méthodologie du grainage d'été adoptée pour le muga (*Antheraea assama* Westwood).

SAIKIA S.K., BHATTACHARYA A., CHOUDHURY B.

Muga Seed Development Project, Central Silk Board, Guwahati, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 41-43. (E)

Effect of hydrochloric acid treatment on microsporidiosis in *Antheraea mylitta* D. (Saturniidae : Lepidoptera).

Effet du traitement à l'acide chlorhydrique sur les microsporidioses chez *Antheraea mylitta* D. (Saturniidae : Lepidoptera).

SHUKLA R.M., BANSAL A.K., SAXENA N.N., GRIYAGHEY U.P., THANGAVELU K.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 59-61. (E)

Changes in the fat body phosphorus of cold and warm adapted eri silkworm, *Philosamia ricini*.

Variations du phosphore du corps adipeux du ver à soie eri *Philosamia ricini* adapté au chaud ou au froid.

SINGH G.B.

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

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 44-47. (E)

Observation on the damage of Japanese oak silkworm infected by *Blepharipa tibialis* Chao.

Observation des lésions du ver à soie du chêne japonais infesté par *Blepharipa tibialis* Chao.

WANG D.F. et al.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 129-130. (C)

Correlation analysis between supplementary nutrients and life-span of *Apriona germari*.

Analyse de la corrélation entre les nutriments additionnels et la durée de vie d'*Apriona germari*.

YAN J.J. et al.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 126-127. (C)

Vers à soie : génétique

Silkworms : genetics

Structure and expression of the gene for the prothoracicotropic hormone of the silkmoth, *Bombyx mori*.

Structure et expression du gène codant pour l'hormone prothoracicotrope du ver à soie *Bombyx mori*.
ADACHIYAMADA T., IWAMI M., KATAOKA H., SUZUKI A., ISHIZAKI H.
Nagoya University, School of Sciences, Department of Biology, Chikusa-ku, Nagoya 464 01, Japan.
1994 European Journal of Biochemistry, Vol. 220(2), 633-643. (E)

Linkage studies on a hemolymph protein named 'Protein of young larvae-A4 (PYL-A4)' of the silkworm, *Bombyx mori*.

Etudes de linkage d'une protéine de l'hémolymph appelée "Protéine des jeunes larves-A4 (PYL-A4)" chez le ver à soie *Bombyx mori*.
BANNO Y., NODA K., KAWAGUCHI Y., KOGA K., DOIRA H.
Faculty of Agriculture, Kyushu University, 6-10-1, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka-shi, Fukuoka-ken 812, Japan.
1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 299-302. (E,j)

GATA-type zinc finger motif-containing sequences and chorion gene transcription factors of the silkworm *Bombyx mori*.

Séquences contenant un motif de doigt de zinc de type GATA et facteurs de transcription des gènes du chorion chez le ver à soie *Bombyx mori*.
DREVET J.R., SKEIKY Y.A.W., IATROU K.
Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, University of Calgary, 3330 Hospital Drive, Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1.
1994 J. Biol. Chem., Vol. 269(14), 10660-10667. (E)

Codon usage patterns among genes for lepidopteran hemolymph proteins.

Schéma d'utilisation des codons parmi les gènes des protéines de l'hémolymph chez les lépidoptères.
FROHLICH D.R., WELLS M.A.
Department of Biochemistry, Biological Sciences West 7440, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA.
1994 J. Mol. Evol., Vol. 38, 476-481. (E)

Isolation, characterization and developmental expression of the ecdysteroid-induced E75 gene of the wax moth *Galleria mellonella*.

Isolement, caractérisation et expression du gène E75 induit par un ecdystéroïde chez *Galleria mellonella*.
JINDRA M., SEHNAL F., RIDDIFORD L.M.
Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.
1994 Eur. J. Biochem., Vol. 221, 665-675. (E)

Characterization of four pupal wing cuticular protein genes of the silkworm, *Antheraea polyphemus*.

Caractérisation de quatre gènes de protéines cuticulaires des ailes de la pupa chez le papillon du ver à soie *Antheraea polyphemus*.

KUMAR M.N., SRIDHARA S.

Department of Biochemistry and Molecular Biology, Texas Tech University Health Sciences Center, 3601 Fourth Street, Lubbock, TX 79430, USA.

1994 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 24(3), 291-299. (E)

Body color segregation experiment in hybrid of *Antheraea pernyi*.

Expérience de séparation en fonction de la couleur du corps chez un hybride d'*Antheraea pernyi*.

LUO Y.G. *et al.*

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 191. (C)

Growth phenomena in *Bombyx mori* (L.) with a special reference of genetic factors responsible for growth acceleration and moulting.

Phénomène de croissance chez *Bombyx mori* (L.) avec une référence spéciale aux facteurs génétiques responsable de l'accélération de la croissance et de la mue.

MURAKAMI A.

National Institute of Genetics, Mishima, Shizuoka-ken 411, Japan.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 12-14. (E)

On the cocoon shape measurement and its statistical analysis in the silkworm, *Bombyx mori* L.

Mesure de la forme du cocon et son analyse statistique chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

NAKADA T.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, N-9, W-9, Kita-ku Sapporo 060, Japan.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 100-102. (E)

Structure and developmental expression of a larval cuticle gene of the silkworm, *Bombyx mori*.

Structure et expression du gène de la cuticule larvaire du ver à soie *Bombyx mori*.

NAKATO H., SHOFUDA K., IZUMI S., TOMINO S.

1994 *Biochim. Biophys. Acta*, Vol. 1218, 64-74. (E)

Importance of heritability in silkworm breeding.

Importance de l'hérédité dans le breeding du ver à soie.

SINGH R., SARATCHANDRA B.

Silkworm and Mulberry Germplasm Station, Central Silk Board, Hosur, Tamil Nadu, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(3), 21-23. (E)

Heterosis in silk productivity in some hybrids of *Bombyx mori* L.

Hétérosis dans la productivité en soie chez quelques hybrides de *Bombyx mori* L.

SINGH T., RAO G.S.

Silkworm Seed Technological Laboratory, Bangalore 560 035, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 82-83. (E)

Protein phosphorylation and control of chorion gene activation through temporal mobilization of a promoter DNA binding factor from the cytoplasm in the nucleus.

Phosphorylation des protéines et contrôle de l'activation des gènes du chorion à travers la mobilisation temporelle dans le cytoplasme vers le noyau d'un facteur se liant à l'ADN du promoteur.

SKEIKY Y.A.W., DREVET J.R., IATROU K.

Department of Medical Biochemistry, Faculty of Medicine, University of Calgary, 3330 Hospital Drive, Calgary, Alberta, Canada T2N 4N1.

1994 *J. Biol. Chem.*, Vol. 269(16), 12196-12203. (E)

A family of U1 pseudogenes in *Bombyx mori* may be derived from an ancestral pseudogene.
 Une famille de pseudogènes U1 est peut être dérivée d'un pseudogène ancestral chez *Bombyx mori*.
 VEGA L.R., AMENGUAL J., HERRERA R.J.
 Department of Biological Sciences, Florida International University, Miami, Florida, USA.
1994 Insect Molecular Biology, Vol. 3(2), 117-122. (E)

Relationship between locus of sex linkage lethal mutants and translocated segment of Z-W+sch chromosome in *Bombyx mori*.
 Relation entre le locus des mutations léthales liées au sexe et le segment transloqué du chromosome Z-W+sch de *Bombyx mori*.
 XU A.Y. et al.
1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 120-121. (C)

Transfer and expression of antibacterial peptide gene from Chinese oak silkworm, *Antheraea pernyi* in yeast.
 Transfert et expression chez une levure d'un gène de peptide antibactérien du ver à soie du chêne chinois *Antheraea pernyi*.
 YE Y.K., YE S.G., MAO Q.X., HUANG Z.R., XU F., ZHUANG C.X., CHEN Z.L., WEN L.F.
 Beijing University, Beijing 100000, China.
1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 95-99. (C,e)

Vers à soie : physiologie, biochimie

Silkworms : physiology, biochemistry

Circadian clock and ecdysteroid titers in the wax moth, *Galleria mellonella* (Lepidoptera : Pyralidae) larvae.

Rythme circadien et taux d'ecdystéroïdes chez les larves de *Galleria mellonella* (Lepidoptera : Pyralidae).

CYMBOROWSKI B.

Dept of Invertebrate Physiology, Warsaw University, Zwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa, Poland.

1994 *Eur. J. Entomol.*, Vol. 91(3), 277-283. (E)

Synthesis and secretion of low molecular weight cuticular proteins during heat shock in the tobacco hornworm, *Manduca sexta*.

Synthèse et sécrétion de protéines cuticulaires à faible poids moléculaire au cours du choc thermique chez le ver du tabac *Manduca sexta*.

FITTINGHOFF LOHMANN C.M., RIDDIFORD L.M.

Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

1992 *The Journal of Experimental Zoology*, Vol. 262, 374-382. (E)

***Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* delta-endotoxin inhibits the K⁺/amino acid cotransporters of lepidopteran larval midgut.**

La delta-endotoxine de *Bacillus thuringiensis* sous espèce *aizawai* inhibe les cotransporteurs d'acides aminés K⁺ de l'intestin moyen des larves de lépidoptères.

GIORDANA B., TASCA M., VILLA M., CHIANTORE C., HANOZET G.M., PARENTI P.

Dipartimento di Biologia, Università di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia.

1993 *Comp. Biochem. Physiol.*, Vol. 106C(2), 403-407. (E)

Assignment of disulfide bond location in prothoracicotropic hormone of the silkworm, *Bombyx mori* : a homodimeric peptide.

Localisation des liaisons disulfures dans l'hormone prothoracicotrope chez le ver à soie *Bombyx mori* : un peptide homodimérique.

HISHIBASHI J., KATAOKA H., ISOGAI A., KAWAKAMI A., SAEGUSA H., VAGIV. *et al.*

1994 *Biochemistry*, Vol. 33, 5912-5919. (E)

Purification of a carotenoid-binding protein from the midgut of the silkworm, *Bombyx mori*.

Purification d'une protéine se liant aux caroténoïdes à partir de l'intestin moyen du ver à soie *Bombyx mori*.

JOUNI Z.E., WELLS M.

University of Arizona, Department of Biochemistry, Biol. Sci. W Bldg, Room 440, Tucson, AZ 85721, USA.

1993 *Carotenoids in Human Health, Annals of the New York Academy of Sciences Series 691*, 210-212. (E)

22-deoxy-20-hydroxyecdysone and its phosphoric ester from ovaries of the silkworm, *Bombyx mori*.

La 22-désoxy-20-hydroxyecdysone et son ester phosphorique dans les ovaires du ver à soie *Bombyx mori*.

KAMBA M., MAMIYA Y., SONOBE H., FUJIMOTO Y.

Department of Biology, Faculty of Science, Konan University, Higashinada-ku, Kobe 658, Japan.

1994 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 24(4), 395-402. (E)

Lipopolysaccharide-lipophorin complex formation in insect hemolymph : a common pathway of lipopolysaccharide detoxification both in insects and in mammals.

Formation du complexe lipopolysaccharide-lipophorine dans l'hémolymph d'insecte : une voie commune aux insectes et aux mammifères de détoxification des lipopolysaccharides.

KATO Y. *et al.*

Laboratory of Biological Defense, National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1994 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 24(6), 547-555. (E)

Clearance of lipopolysaccharide in hemolymph of the silkworm *Bombyx mori* : its role in the termination of cecropin mRNA induction.

Elimination des lipopolysaccharides dans l'hémolymph de *Bombyx mori* : son rôle dans l'arrêt de l'induction de l'ARNm de la cécropine.

KATO Y., MOTI Y., TANIAI K., KADONO-OKUDA K., HIRAMATSU M., YAMAKAWA M.

Laboratory of Biological Defense, National Institute of Sericultural and Entomological Science, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1994 *Insect Biochem. Molec. Biol.*, Vol. 24(6), 539-546. (E)

Haemagglutination activity of haemolymph of *Bombyx mori* treated with a juvenile hormone analogue.

Activité d'hémagglutination de l'hémolymph de *Bombyx mori* traité avec un analogue d'hormone juvénile.

KATO Y., NAKAMURA T., TAKEUCHI T.

Tezukayama College, 3-1-3 Gakuen-minami, Nara 631, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(3), 221-228. (E,j)

Purification and biological activity of ecdysterone from Korean *Achyranthes radix*.

Purification et activité biologique de l'ecdystérone de l'*Achyranthes radix* de Corée.

KIM J.I., LEE J.Y., KIM C.S., PARK K.E.

Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul, Korea Republic.

1983 *Sericultural Journal of Korea*, Vol. 25(1), 1-20. (K,e)

Effects of fluoride on the enzyme activities and contents of calcium and magnesium ions in haemolymph of silkworm, *Bombyx mori*.

Effets du fluorure sur les activités des enzymes et les titres en ions calcium et magnésium dans l'hémolymph du ver à soie *Bombyx mori*.

LIN J.R., SHI Y.S., LU R.C., LIN L., ZHONG S.Q.

South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 115-118. (C,e)

Studies on biological effect of steady magnetic field radiation to silkworm eggs.

Etudes de l'effet biologique de la radiation d'un champ magnétique constant sur les vers à soie.

LU S.H. *et al.*

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 186-187. (C)

Effect of fluoride poisoning on regulation of glycogen catabolism in larval midguts of silkworm, *Bombyx mori*.

Effet toxique du fluorure sur la régulation du catabolisme du glycogène dans l'intestin moyen du ver à soie *Bombyx mori*.

LÜ S.L., ZANG R.C., XU J.L.

Department of Sericulture, Zhejiang Agriculture University, Hangzhou 310029, China.

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(2), 110-114. (C,e)

Effects of NaF on the calcium ion concentration in isolated midgut cells of *Bombyx mori*.

Effets du fluorure de sodium sur la concentration en ion calcium dans les cellules isolées de l'intestin moyen chez *Bombyx mori*.

MENG A.Q., LU Y.Y., BANNO Y., KOGA K.

Faculty of Agriculture, Kyushu University, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1994 *J. Seric. Sci. Jpn*, Vol. 63(4), 310-314. (J,e)

Structure and activity of *Bombyx* PBAN.

Structure et activité du PBAN de *Bombyx*.

NAGASAWA H., KUNIYOSHI H., ARIMA R., KAWANO T., ANDO T., SUZUKI A.

University of Tokyo, Ocean Research Institute, Nakano-ku, Tokyo 164, Japan.

1994 *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, Vol. 25(4), 261-270. (E)

A nuclear juvenile hormone-binding protein from larvae of *Manduca sexta* : a putative receptor for the metamorphic action of juvenile hormone.

Une protéine liante à l'hormone juvénile nucléaire identifiée dans les larves de *Manduca sexta* : un récepteur putatif pour l'action métamorphique de l'hormone juvénile.

PALLI S.R., RIDDIFORD L.M. et al.

Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

1994 *Proc. Natl. Acad. Sci.*, Vol. 91, 6191-6195. (E)

Effect of arginine modification on K⁺-dependent leucine uptake in brush-border membrane vesicles from the midgut of *Philosamia cynthia* larvae.

Effet de la modification de l'arginine sur l'absorption de la leucine dépendante de K⁺ par les vésicules de la membrane pileuse à partir de l'intestin moyen des larves de *Philosamia cynthia*.

PARENTI P., HANOZET G.M., VILLA M., GIORDANA B.

Dipartimento di Biologia, Università di Milano, Via Celoria 26, 20133 Milano, Italia.

1994 *Biochimica et Biophysica Acta*, Vol. 1191, 27-32. (E)

Testicular lipid metabolism after induced high temperature in silkworm, *Bombyx mori* L.

Métabolisme des lipides testiculaires après traitement à haute température chez le ver à soie *Bombyx mori* L.

REDDY K.V.R., BENCHAMIN K.V., DATTA R.K.

Immunology Laboratory, Institute for Research in Reproduction, Parel, Bombay 400 012, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 62-64. (E)

Metabolic significance of vertebrate-type steroids in silkworm, *Bombyx mori* L. - A review.

Importance métabolique des stéroïdes du type vertébré chez le ver à soie *Bombyx mori* L. : une revue.

REDDY K.V.R., MAGADUM S.B., MEERA V., DATTA R.K.

Central Seric. Research and Training Inst., Srirampura, Manandavadi Road, Mysore 570 008, India..

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 6-11. (E)

Dynamics and metamorphosis of an identifiable peptidergic neuron in an insect.

Dynamique et métamorphose d'un neurone peptidergique identifiable chez un insecte.

RIDDIFORD L.M., HEWES R.S., TRUMAN J.W.

Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

1994 *Journal of Neurobiology*, Vol. 25(7), 819-830. (E)

Hormone receptors and the regulation of insect metamorphosis.

Les récepteurs d'hormone et la régulation de la métamorphose des insectes.

RIDDIFORD L.M., TRUMAN J.W.

Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

1993 *Amer. Zool.*, Vol. 33, 340-347. (from *Annual Meeting of the Amer. Society of Zoologists, Atlanta (USA), 27-30/12/91.* (E)

Hormone receptors and the orchestration of development during insect metamorphosis.

Les récepteurs hormonaux et l'orchestration du développement au cours de la métamorphose de l'insecte.

RIDDIFORD L.M., TRUMAN J.W.

Department of Zoology, University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA.

1994 *Perspectives in Comparative Endocrinology*, 389-394. (E)

The carbachol-induced release of prothoracicotropic hormone from brain *corpus cardiacum-corpora allata* complex of the silkworm, *Bombyx mori*.

Libération induite par le carbachol de l'hormone prothoracicotrope à partir du complexe cérébral *corpus cardiacum-corpora allata* du ver à soie *Bombyx mori*.

SHIRAI Y., IWASAKI T., MATSUBARA F., AIZONO Y.

1994 *J. Insect Physiology*, Vol. 40, 469-473. (E)

20-hydroxyecdysone and pupal diapause of *Antheraea mylitta* Drury.

20-hydroxyecdysone et diapause nymphale chez *Antheraea mylitta* Drury.

SINHA A.K., CHAUDHURI A., CHAKRABORTY D., ROY A.K.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian Silk*, Vol. 33(5), 23-25. (E)

Changes in concentration of proteins and carbohydrates in developing embryos and larval haemolymph of temperate tasar silkworm, *Antheraea proylei* J.

Variations dans les concentrations en protéines et en hydrates de carbone dans l'hémolymph des larves et des embryons au cours du développement chez le ver à soie tasar tempéré *Antheraea proylei* J.

SINHA U.S.P., SINHA A.K.

Central Tasar Research and Training Institute, Ranchi 835 303, India.

1994 *Indian J. Seric.*, Vol. 33(1), 84-85. (5)

Simple and practical construction of gas chromatography linked to electroantennography and its application to detection of Kusu silk moth pheromone.

Réalisation simple et pratique d'une chromatographie gazeuse couplée à une électro-antennographie et ses applications à la détection de la phéromone du papillon de soie Kusu.

TOMIDA I., FUSE T., HATANAKA A.

Faculty of Agriculture, Shinshu University, Minamiminowa, Nagano, Japan.

1992 *Journal of the Faculty of Agriculture - Shinshu University*, Vol. 29(1), 37-46. (J,e)

Vers à soie : oeufs, embryologie

Silkworms : eggs, embryology

Localization of Bm-Antennapedia mRNAs in *Bombyx* embryos by whole-mount *in situ* hybridization.

Localisation des ARNm de Bm-Antennapedia dans les embryons de *Bombyx* par hybridation *in situ*.
MASE K., YAMAMOTO T., HARA W.

Matsumoto Branch, National Institute of Sericultural and Entomological Science, Matsumoto City, Nagano 390, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(3), 194-200. (J,e)

Photosensitivity in the circadian hatching rhythm of the carotenoid-depleted silkworm, *Bombyx mori*.

Photosensibilité au cours du rythme d'éclosion circadien chez le ver à soie *Bombyx mori* dénué de caroténoïdes.

SAKAMOTO K., SHIMIZU I.

1994 Journal of Biological Rhythms, Vol. 9(1), 61-70. (E)

Fecundity of mulberry silkworm, *Bombyx mori* L., in relation to female cocoon weight and repeated matings.

Fécondité du ver à soie du mûrier *Bombyx mori* L. en relation avec le poids du cocon femelle et les accouplements répétés.

SINGH R., CHATURVEDI H.K., DATTA R.K.

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

1994 Indian J. Seric., Vol. 33(1), 70-71. (E)

Studies on sex-control of silkworm through temperature and moisture regulation during incubation.

Etudes sur le contrôle du sexe chez le ver à soie par la température et la régulation de l'humidité au cours de l'incubation.

SONG Q.T., WU W.G., PAN Q.Z., CHEN Y.L.

Hebei Forestry college, Hebei 071000, China.

1994 Canye Kexue, Vol. 20(3), 145-149. (C,e)

Studies on long-term preservation of silkworm diapause eggs.

Etudes sur la conservation à long terme des oeufs diapausants de vers à soie.

WU D.Y., WU J.T., LI J.L., YANG X.Z., AO M.J.

Department of Sericulture, Southwest Agricultural University, Chongqing 630716, China.

1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 90-94. (C,e)

A preliminary study on the correlation between hatchability and percentage of nitrogen of double hybrid eggs of silkworm during cold storage.

Etude préliminaire de la corrélation entre l'éclosabilité et le pourcentage d'azote des oeufs d'hybrides doubles de vers à soie au cours de la conservation au froid.

XU H.R. *et al.*

1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 122-123. (C)

Structure and expression of mRNA for vitellogenin in *Bombyx mori*.

Structure et expression de l'ARN messenger de la vitellogénine chez *Bombyx mori*.

YANO K., SAKURAI M.T., WATABE S., IZUMI S., TOMINO S.

1994 Biochim. Biophys. Acta, Vol. 1218, 1-10. (E)

Comparison of translation products of mRNA from unfertilized and early embryogenic eggs of *Bombyx mori*.

Comparaison des produits de traduction de l'ARNm des oeufs non fertilisés et embryonnés précoces de *Bombyx mori*.

YARA M., KOSEGAWA E., SUGIMOTO Y., KAGA K.

Laboratory of Sericulture, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 336-340. (E)

Soie

Silk

Reelability and water content of cocoon layer during the spinning stage.

Dévidabilité et teneur en eau des coques soyeuses au cours du filage.

AKAHANE T., TSUBOUCHI K.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(3), 229-234. (J,e)

NMR characterization of silk protein.

Caractérisation par RMN de la protéine de soie.

ASAKURA T., DEMURA M., UYAMA A., OGAWA K., KOMATSU K., NICHOLSON L.K., CROSS T.A

Department of Biotechnology, Tokyo University of Agriculture and Technology, Konagei, Tokyo 184, Japan.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 148-154. (E)

The characterization of the initial degradative alterations of *Bombyx mori* silk fibroin : a comparative study of artificial aged and silk fabrics from the First Ladies Collection Smithsonian Institution Washington DC.

Caractérisation des altérations initiales de la fibroïne de soie de *Bombyx mori* : étude comparative des tissus en soie artificiellement vieillis et de ceux de la Collection des Premières Dames de l'Institution Smithsonian de Washington DC.

BECKER M.A.

Materials Science and Engineering Department, John Hopkins University, Baltimore, MD 21218, USA.

1993 PhD, John Hopkins University, Baltimore, MD, USA. (E)

Initial degradative changes found in *Bombyx mori* silk fibroin.

Variations de la dégradation initiale observées dans la fibroïne de soie chez *Bombyx mori*.

BECKER M.A., TUROSS N.

Materials Science and Engineering Department, Johns Hopkins University, Baltimore, MD 21218, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 252-269. (E)

Applications of silk.

Applications de la soie.

BUNNING T.J., JIANG H., ADAMS W.W., CRANE R.L., FARMER B., KAPLAN D.

Materials Directorate, Wright Laboratory, WL/MLPJ, Wright-Patterson AFB, OH 45433-7702, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 353-358. (E)

In vivo synthesis and structural analysis of Alanylglycine-rich artificial proteins.

Synthèse *in vivo* et analyse structurale des protéines artificielles riches en Alanylglycine.

CANTOR E.J. *et al.*

Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Massachusetts, Amherst, MA 01300, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers-Materials Science and Biotechnology, 98-103. (E)

Spinning of protein polymer fibers.

Filage des fibres de polymères de protéines.

CAPPELLO J., MCGRATH K.P.

Protcin Polymer Technologies, Inc., 10655 Sorrento Valley Road, San Diego, CA 92121, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 311-327. (E)

Synthetic and recombinant domains from a midge's giant silk protein. Role for disulfide bonds.

Domaines synthétiques et recombinants d'une protéine de soie géante du moucheron. Rôles pour les liaisons disulfures.

CASE S.T., SMITH S.V.

Department of Biochemistry, University of Mississippi Medical Center, 2500 North State Street, Jackson, MS 39216-4505, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 91-97. (E)

A discussion on the size deviation test of raw silk.

Débat sur le test de déviation du titre de la soie grège.

CHOI J.S.

Dong-A University, College of Agriculture, Pusan, Korea Republic.

1983 Sericultural Journal of Korea, Vol. 25(1), 44-50. (K,e)

Chemical structure and physical properties of *Antheraea assama* silk.

Structure chimique et propriétés physiques de la soie d'*Antheraea assama*.

FREDDI G., GOTOH Y., MORI T., TSUTSUI I., TSUKADA M.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

1994 Journal of Applied Polymer Science, Vol. 52, 775-781. (E)

Dyeability of silk fabrics modified with dibasic acid anhydrides.

Capacité tinctoriale des tissus de soie modifiée par des anhydrides acides dibasiques.

FREDDI G., TSUKADA M., KATO H., SHIOZAKI H.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

1994 Journal of Applied Polymer Science, Vol. 52, 769-773. (E)

Photo-degradation of silk adhered with surfactant.

Photo-dégradation de la soie collée avec un tensio-actif.

FUJII A., NISHIKORI S.

Shimane Junior College, Matsue 690, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(3), 214-220. (J,e)

Dissolution of silk fibroin in lithium halide / organic amide solvent systems.

Dissolution de la fibroïne de soie dans des systèmes de solvants amide organique / halogénure de lithium.

FURUHATA K.I., OKADA A., CHEN Y., XU Y.Y., SAKAMOTO M.

Department of Organic and Polymeric Materials, Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2-2-1 O-okayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 315-322. (E,j)

Raman spectroscopic analysis of the secondary structure of spider silk fiber.

Analyse spectroscopique Raman de la structure secondaire de la fibre de soie d'araignée.

GILLEPSIE D.B., VINEY C., YAGER P.

Molecular Bioengineering Program, Center of Bioengineering, FL-20, University of Washington, Seattle, WA 98195, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 155-167. (E)

Mechanical and chemical properties of certain spider silks.

Propriétés mécaniques et chimiques des soies de certaines araignées.

HINMAN M.B., STAUFFER S.L., LEWIS R.V.

Department of Molecular Biology, University of Wyoming, Laramie, WY 82071, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 222-233. (E)

Studies on the subunit structure, molecular weight and amino acid composition of silkworm fibroin.

Etudes sur la structure en sous-unités, le poids moléculaire et la composition en acides aminés de la fibroïne du ver à soie.

JIANG Y.L., HUANG J.T., SUN C.R.

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

1994 Canye Kexue, Vol. 20(2), 100-104. (C,e)

Membrane potential of weak amphoteric polymer membrane composed of silk fibroin.

Potentiel de membrane d'une membrane de polymère amphotère composé de fibroïne de soie.

JIANYONG C., TANIOKA A., MINOURA N.

1993 Sen'i Gakkaishi, Vol. 49(9), 486-492. (E)

Physical properties of tussor silk fabrics treated with low-temperature plasma.

Propriétés physiques des tissus de soies tussor traités avec du plasma à basse température.

KAKO T., KATAYAMA A.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 333-335. (J)

Evaluation of feel and performances of net raw silk fabrics.

Evaluation du toucher et des performances des tissus de soie grège.

KAMIISHI Y., AOKI G.

Textile Research Institute of Gumna, Kiryu, Gumna 376, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 284-292. (J,e)

Silk polymers - materials science and biotechnology.

Les polymères de la soie - science des matériaux et biotechnologie.

KAPLAN D. et al.

Biotechnology Division, Natick Research, Development and Engineering Center, U.S. Army, Natick, MA 01760-5020, USA.

1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, Washington DC, USA, 370 p. (E)

Improvement in crease resistance of silk fabrics treated with glyoxal, urethane and hydrazine.

Amélioration de la résistance aux cassures des tissus de soie traités avec du glyoxal, de l'uréthane et de l'hydrazine.

KATO H., TAKEBE Y.

National Institute of Sericultural and Entomological Science, Owashi-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

1994 J. Seric. Sci. Jpn, Vol. 63(4), 269-277. (J,e)

Dyeing behaviour of tannic acid-treated wild silk fibers with acid dyes.

Comportement des fibres de soie sauvage traitées à l'acide tannique au cours de la teinture avec des colorants acides.

KAWAHARA Y., NAKAJIMA S., FURUTA H.

1993 *Sen'i Gakkaishi*, Vol. 49(8), 444-447. (E)

Studies on development of silk/acrylic compound yarn.

Etudes sur le développement du fil mélangé soie - acrylique.

KIM Y.D., SONG K.E.

Sericultural Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon, Korea Republic.

1993 *RDA Journal of Agricultural Science*, Vol. 35(2), 730-733. (K,e)

Initial characterization of *Nephila clavipes* dragline protein.

Caractérisation initiale de la protéine de soie de *Nephila clavipes*.

MELLO C.M., SENEAL K., YEUNG B., VOURES P., KAPLAN D.

Biotechnology Division, Natick Research, Development and Engineering Center, U.S. Army, Natick, MA 01760-5020, USA.

1994 *ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology*, 67-79. (E)

Studies on cocoon and silk quality from artificial diet rearing of the silkworm, *Bombyx mori*.

Etudes du cocon et de la qualité de la soie des vers à soie *Bombyx mori* élevés sur milieu artificiel.

MIAO Y.G. *et al.*

1994 *Canye Kexue*, Vol. 20(3), 184-185. (C)

Formation and properties of silk thin films.

Formation et propriétés de fines pellicules de soie.

MULLER W.S., SAMUELSON L.A., FOSSEY S.A., KAPLAN D.

Biotechnology Division, Natick Research, Development and Engineering Center, U.S. Army, Natick, MA 01760-5020, USA.

1994 *ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology*, 342-352. (E)

Studies on the utilization of polyploid in the silkworm, *Bombyx mori*. 4. Some cocoon properties of triploids and their certification by reeling test.

Etudes de l'utilisation de polyplœides chez le ver à soie *Bombyx mori*. 4. Quelques propriétés des cocons de triploïdes et leur certification par le test de dévidage.

NAKADA T., KIKUCHI K., MURAYAMA J.

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

1994 *Research Bulletin of the University Farm, Faculty of Agriculture - Hokkaido University*, Vol. 27, 17-25. (J,e)

Design, synthesis and fabrication of a novel self-assembling fibrillar protein.

Etude, synthèse et fabrication d'une nouvelle protéine fibrillaire autoassemblée.

O'BRIEN J.P. *et al.*

DuPont Fibers, Experimental Station, Wilmington, DE 19880-0302, USA.

1994 *ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology*, 104-117. (E)

Approaches to modeling and property prediction of model peptides.

Approches de l'élaboration et des propriétés prévisionnelles des peptides modèles.

PACHTER R., CRANE R.L., ADAMS W.W.

Materials Directorate, Wright Laboratory, WL/MLPJ, Wright-Patterson AFB, OH 45433-7702, USA.

1994 *ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology*, 283-290. (E)

Dyeing of silk.

Teinture de la soie.

SHENAI V.A., SARAF N.M.

Department of Chemical Technology, University of Bombay, India.

1993 *Sevak Publications, Bombay 400 031, India. 308 p. (E)*

Research on the relation of sericin solubility with its composition and structure in castor silkworm.

Recherche de la relation entre la solubilité de la sérécine et sa composition et sa structure chez le ver à soie du ricin.

SHENG J.Y., ZHANG X.Q., LI H.L., WU D.X.

Suzhou Institute of Silk Textile Technology, Suzhou 212005, China.

1994 *Canye Kexue, Vol. 20(3), 166-170. (C,e)*

Chemical structure and dynamic mechanical behavior of silk fibers modified with different kinds of epoxides.

Structure chimique et comportement mécanique dynamique des fibres de soie modifiées avec différentes sortes d'époxides.

SHIOZAKI H., TSUKADA M., GOTOH Y., KASAI N., FREDDI G.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

1994 *Journal of Applied Polymer Science, Vol. 52, 1035-1042. (E)*

Studies on the use of plastic bottle brush mountages for silkworm mounting and its effect on cocoon characters and reelability.

Etudes sur l'utilisation des hérissons en plastique comme encabanage pour la montée des vers à soie et son effet sur les caractères du cocon et la dévidabilité.

SINGH G.B., RAJAN R.K., INOKUCHI T., HIMANTHARAJ M.T., MEENAL A., DATTA R.K.

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

1994 *Indian J. Seric., Vol. 33(1), 95-97. (E)*

Reeling in India - challenges ahead.

Dévidage en Inde : les défis à venir.

SOMASHEKAR T.H.

Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, BTM Layout, Madivala, Bangalore 560 068, India.

1994 *Indian Silk, Vol. 33(6), 40-42. (E)*

Hand book of silk technology.

Manuel de technologie de la soie.

SONWALKAR T.N.

Central Silk Technological Research Institute, Central Silk Board, BTM Layout, Madivala, Bangalore 560 068, India.

1993 *Wiley Eastern Limited, New Dehli 110 002, India. 310 p. (E)*

La filatura del bozzolo nel baco da seta e il contenuto in steroli nelle foglie di gelso. / Silk reeling and sterol content in mulberry leaves.

Dévidage de la soie taux de stérols dans les feuilles de mûriers.

SUESS L., BOLCHI S., GIRGENTI P.

Milan University, Istituto di Entomologia Agraria, Italy.

1992 *Informatore Agrario, Vol. 48(40), 79-81. (I)*

Crystal structure of silk of *Bombyx mori*.Structure cristalline de la soie de *Bombyx mori*.

TAKAHASHI Y.

Department of Macromolecular Science, Faculty of Science, Osaka University, Toyonaka, Osaka 560, Japan.

*1994 ACS Symposium Series 544, Silk Polymers - Materials Science and Biotechnology, 168-175. (E)***Physical and chemical properties of tussah silk fibroin films.**

Propriétés physiques et chimiques des filaments de fibroïne de soie tussah.

TSUKADA M., FREDDI G., GOTOH Y., KASAI N.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

*1994 Journal of Polymer Science : Part B : Polymer Physics, Vol. 32, 1047-1412. (E)***Physical properties and phase separation structure of *Antheraea pernyi* / *Bombyx mori* silk fibroin blend films.**Propriétés physiques et structure de séparation de phase des films mélangés de fibroïne de soie d'*Antheraea pernyi* et de *Bombyx mori*.

TSUKADA M., FREDDI G., KASAI N.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

*1994 Journal of Polymer Science : Part B : Polymer Physics, Vol. 32, 1175-1182. (E)***Physical characteristics of silk fibers modified with dibasic acid anhydrides.**

Caractéristiques physiques des fibres de soie modifiées par des anhydrides acides dibasiques.

TSUKADA M., GOTOH Y., SHIOZAKI H., FREDDI G., CRIGHTON J.S.

Stazione sperimentale per la Seta, via G. Colombo, 81, 20133 Milano, Italy.

*1994 Journal of Applied Polymer Science, Vol. 51, 345-352. (E)***The characterization of the orb web of *Argiope aurantia* (Araneidae : Araneae) with emphasis on the major ampullate silk.**Caractérisation de la toile sphérique d'*Argiope aurantia* (Araneidae : Araneae) et particulièrement de la soie de la grande ampoule.

TUGMON C R

*1993 PhD, University of New Hampshire, Durham, USA. (E)***Crystal size and minimum enthalpy of various races of silk fibers.**

Taille du cristal et enthalpie minimum de différentes espèces de fibres de soie.

URS R.G.K., SUBRAMANYA G., SOMASHEKAR R.

*1993 Text. Res. J., Vol. 63(10), 610-613. (E)***Molecular order in silk secretions.**

Ordre moléculaire dans les sécrétions de soie.

VINEY C., KERKAM K., GILLILAND L., KAPLAN D., FOSSEY S.

Department of Materials Science and Engineering, University of Virginia, Charlottesville, VA 22903-2442, USA.

1992 Mater. Res. Soc. Symp. Proc., Vol. 248 (Complex fluids), 89-94. (E)