

ECOLOGY, BEHAVIOR AND BIONOMICS

Caracterização Bromatológica de Cultivares de Amoreira, *Morus* spp., e Determinação dos Índices Nutricionais de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae)

ANA M MENEGUIM¹, CRISTINA LUSTRI¹, DÁSSIA D DE OLIVEIRA¹, INÊS F U YADA¹, AMARILDO PASINI²

¹Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, CP 481, 86001-970 Londrina, PR, Brasil

²Univ Estadual de Londrina, CP 6001, 86051-970 Londrina, PR, Brasil

Edited by Wesley A C Godoy – ESALQ/USP

Neotropical Entomology 39(4):506-512 (2010)

Bromatological Characterization of Mulberry Cultivars, *Morus* spp., and Determination of Nutritional Indexes of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae)

ABSTRACT - The objective of this work was to assess, through consumption and utilization of natural food measurements, whether mulberry cultivars, *Morus* spp., could be recommended to rear the silkworm, *Bombyx mori* L., in a commercial scale. The mulberry cultivars Miura (standard), Korin and Tailandesa and the hybrids FM 3/3, FM 86, SK 1 and SK 4 were tested. Seventy five fifth-instar commercial hybrid larvae were individualized in gerbox® unities and maintained in a rearing room ($25 \pm 3^\circ\text{C}$ and $80 \pm 10\%$ RH). The mulberry leaves of each of the five cultivars used to feed the silkworm larvae were submitted to bromatological analysis. The dry weight of larvae at the beginning and at the end of the fifth instar, the food consumed and the feces eliminated were recorded to determine the following indexes: relative consumption rate (RCR), relative metabolic rate (RMR), relative growth rate (RGR), approximate digestibility (AD), efficiency of conversion of ingested food (ECI), efficiency of conversion of digested food (ECD), metabolic cost (MC). The bromatological composition analysis of mulberry leaf cultivars revealed that the hybrid SK 4 presented superior nutritional quality compared to the standard cultivar Miura, due to its higher content in crude protein and ethereal extract, and lower detergent fiber content. The hybrid SK 4 was the most adequate food to the silkworm larvae because it was ingested in small amounts, thus providing good digestibility to the larvae, low metabolic cost, good growth rate and one of the highest efficiencies in the conversion of the ingested food and ingested and digested in biomass.

KEY WORDS: Silkworm, quantitative nutrition, nutritional index

Na exploração sericícola, a qualidade e a quantidade de folhas de amoreira utilizadas na alimentação de *Bombyx mori* L. são de grande importância para o sucesso da atividade. Essas duas condições são necessárias para o fornecimento dos nutrientes indispensáveis ao desenvolvimento do bicho-da-seda, à resistência das lagartas às doenças (Fonseca & Fonseca 1988) e a produção e qualidade de casulos (Cifuentes & Sohn 1998).

O bicho-da-seda é um inseto altamente especializado que consome folhas de várias espécies de amoreira, porém, com graus diferentes de aproveitamento. Segundo Parra (1991), o consumo e a utilização do alimento pelos insetos estão relacionados, principalmente, as suas características físicas e químicas, e estas, por sua vez, podem variar com a cultivar e com fatores abióticos (Purohit & Kumar 1996). Portanto, a utilização de genótipos de amoreira mais adequados e a nutrição do amoreiral são fatores determinantes na qualidade nutricional das folhas a serem utilizadas na alimentação do bicho-da-seda, para a obtenção de alta produção e qualidade de casulos e, conseqüentemente, para

aumento da eficiência no processamento e no rendimento de seda crua.

É fundamental disponibilizar aos sericultores cultivares de amoreira nutricionalmente superiores, alternativas à cultivar Miura, considerada neste estudo como padrão, por ser a mais cultivada nas regiões sericícolas do estado do Paraná (Ataide 2007, Watanabe *et al* 2000). No processo de identificação e seleção deve-se também considerar aspectos relacionados à qualidade foliar e a nutrição do bicho-da-seda. Estudos de nutrição quantitativa dos insetos são realizados através da determinação e análise dos índices nutricionais, os quais revelam como esses organismos respondem aos diferentes alimentos e qual alimento exerce os maiores efeitos no seu crescimento (Parra 1991).

O objetivo deste trabalho foi, pois, avaliar cultivares de amoreira, alternativas à cultivar padrão Miura, através da determinação da composição bromatológica das folhas e de índices nutricionais de *B. mori*, buscando identificar cultivares nutricionalmente mais adequadas às lagartas do bicho-da-seda.

Material e Métodos

Foram avaliadas as cultivares de amoreira (*Morus alba* L.) Miura (padrão), Korin e Tailandesa e os híbridos (*Morus* spp.): FM 3/3, FM 86, SK 1 e SK 4, que compõem a coleção de amoreira do Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR, em Londrina, PR (585 m de altitude, 23°22' S e 51°10' W). As plantas apresentavam idade de 10 anos, estavam estabelecidas em espaçamento de 2,0 x 0,5 m e tinham sido cultivadas seguindo as recomendações técnicas para a cultura (Fonseca & Fonseca 1988). A poda de produção, promovida por meio de corte ao nível do solo, foi executada aos 65 dias antes do início do experimento.

O estudo foi conduzido no outono de 2007, em sala de criação (25 ± 3°C e 80 ± 10% UR) localizada no laboratório de Manejo Ecológico de Pragas do IAPAR/Londrina, iniciando-se com lagartas do terceiro ínstar, híbridas comerciais provenientes da Empresa de Fiação de Seda BRATAC S.A. A sala de criação e os materiais utilizados foram esterilizados com formaldeído (4%) quatro dias antes do início do experimento.

As lagartas, do terceiro até o final do quarto ínstar, foram criadas em caixas plásticas (58 cm x 77 cm x 31 cm) forradas com papel manilha e cobertas por saco plástico com abertura frontal para permitir ventilação. Foram utilizadas 250 lagartas/caixa/cultivar as quais receberam como alimento folhas das cultivares testadas. Até o quarto ínstar a alimentação foi fornecida às 8:30, 11:00, 14:30, 17:00 e 19:30h, em quantidade suficiente para o número de lagartas por caixa.

O desenvolvimento das lagartas e mudanças no comportamento que antecedem a ecdise, tais como imobilidade e interrupção da alimentação, foram acompanhados diariamente. A determinação dos índices nutricionais foi realizada com lagartas de quinto ínstar, uma vez que, cerca de 85% do total de alimento consumido pela lagarta de *B. mori* ocorre neste ínstar. Portanto, no final do quarto ínstar, 75 lagartas por cultivar de amoreira foram acondicionadas individualmente em recipiente tipo gerbox (10,8 x 10,8 x 3 cm) forrado com papel filtro umedecido com água, para manter a turgescência das folhas. No início e final do quinto ínstar foram retiradas, ao acaso, e individualizadas 15 lagartas de cada cultivar, as quais foram mortas por congelamento e secas em estufa a 60°C até peso constante, para obtenção do peso seco de lagartas e determinação do ganho de peso e do peso médio das lagartas. Para a determinação do consumo e dos índices nutricionais, foram pesadas e fornecidas folhas sem a nervura principal, separando-se alíquotas de folhas em número de cinco repetições por cultivar de amoreira, visando à determinação do peso seco inicial do alimento fornecido (Parra 1991). O alimento remanescente e as fezes foram retirados diariamente e mantidos a 55-60°C, até atingirem peso constante (cerca de 24h), sendo posteriormente resfriados em dessecador e pesados em balança eletrônica de precisão, com aproximação de 0,0001 g.

No início da fase de pré-pupa, colocou-se em cada recipiente de criação uma armação de papelão, com nove células, que serviu de substrato para a confecção dos casulos. A partir do início do encasulamento, foi quantificado o número de casulos formados por dia.

Para determinação dos índices de nutrição quantitativa da fase larval, adotou-se a metodologia proposta por Waldbauer (1968) e modificada por Scriber & Slansky Jr (1981). Para o cálculo desses índices, foram utilizadas as seguintes variáveis (em peso de matéria seca):

T = duração do período de alimentação (dias);

A F = peso do alimento fornecido ao inseto (mg);

Ar = peso da sobra do alimento fornecido ao inseto (mg), após T;

F = peso das fezes produzidas (mg) durante T;

B = ganho de peso pelas lagartas (mg) durante T;

\bar{B} = peso médio das lagartas (mg) durante T;

I = peso do alimento ingerido (mg) durante T;

I - F = alimento assimilado (mg) durante T;

M = (I - F) - B = alimento metabolizado durante o período de alimentação.

Foram determinados os índices de consumo e utilização do alimento para cada tratamento, através das seguintes fórmulas:

$$\text{Taxa de consumo relativo (mg/mg/dia): TCR} = \frac{I}{B.T}$$

Taxa de crescimento relativo (mg/mg/dia):

$$\text{TCrR} = \frac{B}{B.T}$$

$$\text{Taxa metabólica relativa (mg/mg/dia): TMR} = \frac{M}{B.T}$$

$$\text{Digestibilidade aproximada (%): D.A} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

Eficiência de conversão do alimento ingerido (%):

$$\text{(ECI)} = \frac{B}{I} \times 100$$

Eficiência de conversão do alimento digerido (%):

$$\text{ECD} = \frac{B}{I - F} \times 100$$

Custo metabólico (%): CM = 100 - ECD

O alimento fornecido no quinto ínstar foi caracterizado nutricionalmente por meio de análise bromatológica. Amostras representativas de folhas sem a nervura principal, em número de quatro repetições por cultivar de amoreira, foram submetidas a análises realizadas pelo Laboratório de Nutrição Animal do IAPAR/Ibiporã. Foram determinados os teores, em percentagem, de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e de fibra em detergente neutro (FDN), segundo Silva (1988).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo cada lagarta considerada uma repetição. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (P < 0,05) (Scott & Knott 1974).

Resultados e Discussão

Composição bromatológica de folhas de amoreira. A análise bromatológica revelou que as folhas das cultivares

de amoreira, fornecidas como alimento às lagartas de bicho-da-seda, diferiu quanto aos teores dos nutrientes avaliados (Tabela 1) e essas diferenças podem se refletir na qualidade do alimento para as lagartas do bicho-da-seda. Segundo Parra (1991), a qualidade do alimento está relacionada a características físicas, aleloquímicas e componentes nutricionais, os quais influenciam a capacidade do inseto em consumir e digerir o alimento. Na amoreira essas características, por sua vez, podem variar com a cultivar e em função da influência de fatores abióticos (Purohit & Kumar 1996).

As cultivares e híbridos de amoreira apresentaram teor de proteína nas folhas, utilizadas na alimentação de lagartas de quinto ínstar, variando de 24,9% ('SK 1') a 29,2% ('SK 4'). Os teores encontrados foram relativamente altos em comparação ao teor registrado por Ito e Kobayashi (1978) que foi de 24,2% em folhas utilizadas também para alimentação de lagartas no quinto ínstar.

A aplicação do teste aglomerativo (Scott & Knott 1974) para o teor de proteína bruta revelou a existência de apenas um grupo homogêneo de cultivares, composto pelas cultivares e pelo híbrido FM 86.

Entre as cultivares alternativas à cultivar Miura, o híbrido SK 4 apresentou teor de proteína significativamente maior que o constatado nessa cultivar (3%) (Tabela 1). O maior teor de proteína em folhas de 'SK 4' pode ser uma característica importante, como demonstrado por Porto (2000) que observou decréscimo no peso vivo de lagartas de *B. mori*, no quinto ínstar, quando alimentadas com folhas de amoreira mais velhas, com menor conteúdo de proteína. Correlação positiva entre o conteúdo de proteína da folha e peso da casca sérica e o rendimento do casulo, foi também constatada por Sarker *et al* (1997) apud Porto (2002).

O teor de fibras nas folhas de amoreira, em detergente neutro, variou significativamente entre as cultivares. Folhas de 'Korin', 'Tailandesa' e 'SK 4' apresentaram os menores teores de fibra, diferindo dos teores encontrados na cultivar padrão Miura (Tabela 1). Segundo Hiratsuka (1920) apud Waldbauer (1968) lagartas de *B. mori* não digerem a fração fibra crua das folhas. O conteúdo de fibras tem uma influência direta na digestibilidade, pois com o aumento no teor, menor parte do alimento ingerido é digerido, isto é, há redução da digestibilidade (Parra & Kogan 1981).

O teor de extrato etéreo variou entre as cultivares (1,7% a 5,1%) sendo que todos diferiram significativamente do teor encontrado na cultivar Miura. Os maiores valores foram registrados nos híbridos SK 1, SK 4 e na cultivar Tailandesa (Tabela 1).

O extrato etéreo compreende a porção de lipídeos (gorduras) presente na matéria seca foliar, constituindo a fração mais energética dos alimentos (Silva & Queiroz 2002). Os insetos, para suprir suas necessidades em lipídios podem sintetizá-los a partir de proteínas e carboidratos, porém alguns ácidos graxos como o linoléico e linolênico e os esteróis, essenciais ao *B. mori*, não são sintetizados (Parra 1991). Segundo Ito (1978), o bicho-da-seda acumula mais lipídio no corpo que a quantidade digerida. Desse modo, lagartas alimentadas com cultivares que apresentam menor teor de lipídios nas folhas, poderiam estar suprindo suas necessidades através da utilização de quantidades de proteína e carboidratos, acarretando menor disponibilidade desses compostos para outras funções, principalmente estruturais e para a glândula sericígena. Assim, o menor teor de extrato etéreo, constatado na cultivar Miura, pode ser desfavorável ao desempenho biológico de *B. mori* e a formação de casulos.

Em relação à matéria mineral, há dois grupos distintos (Scott & Knott 1974). O primeiro, composto pelas cultivares Miura, Korin e os híbridos FM 3/3, SK 1 e SK 4, apresentou maior conteúdo de matéria mineral; o segundo grupo foi formado pela cultivar Tailandesa e pelo híbrido FM 86 (Tabela 1). Esses conteúdos de matéria mineral foram relativamente altos quando comparados ao relatado por Ito & Kobayashi (1978) em folhas de amoreira, também utilizadas para alimentação de lagartas no quinto ínstar (7,2%). Takahashi (1996) determinou o teor de matéria mineral na cultivar Miura e nos híbridos FM 86 e FM 3/3, encontrando valores próximos aos obtidos no presente estudo.

A matéria mineral (cinzas) é uma indicação da riqueza do alimento em elementos minerais. Embora não forneça informações sobre a sua composição, as cinzas contêm principalmente os cátions: cálcio, potássio, sódio, magnésio, ferro, cobre, cobalto e alumínio e os ânions sulfato, cloreto, silicato, fosfato entre outros (Silva & Queiroz 2002). Assim, dada a importância da qualidade nutricional da folha, a diferença na riqueza de elementos minerais nas cultivares pode ser um diferencial na sua eficiência no desenvolvimento

Tabela 1 Conteúdo (%) de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) com base na matéria seca de folhas de cultivares de amoreira ($X \pm EP$). Outono 2007, Londrina, PR

Cultivar	PB	FDN	EE	MM
Miura	26,7 \pm 0,25 c	21,3 \pm 0,54 b	1,7 \pm 0,09 d	11,6 \pm 0,16 a
Korin	26,5 \pm 0,32 c	19,0 \pm 0,59 c	3,8 \pm 0,39 b	12,3 \pm 0,15 a
Tailandesa	26,8 \pm 0,35 c	18,1 \pm 0,45 c	4,5 \pm 0,22 a	10,0 \pm 0,06 b
FM 3/3	27,9 \pm 0,38 b	20,1 \pm 0,05 b	3,9 \pm 0,04 b	11,6 \pm 0,58 a
FM 86	27,0 \pm 0,28 c	20,3 \pm 0,47 b	3,0 \pm 0,31 c	10,4 \pm 0,43 b
SK 1	24,9 \pm 0,31 d	22,8 \pm 0,21 a	5,1 \pm 0,25 a	11,8 \pm 0,30 a
SK 4	29,2 \pm 0,15 a	18,0 \pm 0,83 c	4,7 \pm 0,36 a	12,0 \pm 0,25 a

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

da lagarta do bicho-da-seda, produção de massa corporal e de casulo.

Os resultados da análise bromatológica evidenciaram que, entre as cultivares alternativas testadas, o híbrido SK 4 apresenta superioridade no conteúdo de nutrientes de suas folhas, em comparação à cultivar padrão Miura.

Taxa de consumo relativo (TCR). A TCR de folhas das diferentes cultivares de amoreira pelas lagartas de *B. mori* variou de 1,25 a 1,49 mg/mg/dia (Tabela 2). Essa taxa representa a quantidade de alimento que o inseto consome por miligrama de peso corpóreo por dia. Constatou-se um agrupamento compreendendo as menores taxas de consumo para as lagartas que se alimentaram dos híbridos FM 86, SK 4 e SK 1 (Tabela 2) e, outro grupo com TCR intermediária, para lagartas alimentadas com as cultivares Korin, Miura e com o híbrido FM 3/3. A maior TCR foi obtida quando foi fornecido como alimento folhas da cultivar Tailandesa (Tabela 2).

Variações na quantidade ingerida por insetos são atribuídas à solidez, conteúdo de água e outras propriedades físico-químicas do alimento (Bhat & Bhattacharya 1978 apud Vendramim *et al* 1983). Em amoreira, altas percentagens de consumo de lagartas alimentadas com as cultivares Korin, Calabresa, IZ 5/2 e IZ 15/7 por *B. mori* foram relacionadas a características desejáveis das folhas, tais como, menor teor de fibra bruta, menor quantidade de idioblóstos de cristólito e de mucilagem, menor porção da epiderme e maior de parênquima (Okamoto & Rodella 2006). Outro fator que pode proporcionar aumento na taxa de consumo pelo inseto é a utilização de alimento nutricionalmente inadequado (Waldbauer 1968). Portanto, variações no consumo entre as cultivares estudadas, pode ser uma resposta compensatória dos insetos a inadequações nutricionais relacionadas à quantidade, a disponibilidade e ao balanço de nutrientes como mencionado por Petkov e Mircheva (1979), Parra (1991), Chaluvachari e Bongale (1995).

Taxa de crescimento relativo (TCrR). A TCrR (ganho de biomassa do inseto em relação ao seu peso), do bicho-da-

Tabela 2 Taxa de consumo relativo (TCR), Taxa de crescimento relativo (TCrR) e taxa metabólica relativa (TMR) (mg/mg/dia) de lagartas de *Bombyx mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. (25 ± 3°C; 80 ± 10% UR)

Cultivares	TCR	TCrR	TMR
Miura	1,35 ± 0,03 b	0,239 ± 0,003 b	0,39 ± 0,02 d
Korin	1,42 ± 0,02 b	0,250 ± 0,003 a	0,56 ± 0,02 b
Tailandesa	1,49 ± 0,02 a	0,240 ± 0,002 b	0,64 ± 0,01 a
FM 3/3	1,39 ± 0,03 b	0,238 ± 0,002 b	0,49 ± 0,02 c
FM 86	1,25 ± 0,02 c	0,231 ± 0,000 c	0,37 ± 0,01 d
SK 1	1,27 ± 0,02 c	0,219 ± 0,002 d	0,43 ± 0,02 d
SK 4	1,26 ± 0,02 c	0,244 ± 0,003 a	0,42 ± 0,02 d

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (P ≤ 0,05).

seda alimentado com as cultivares de amoreira teve pequena variação (0,219 a 0,250 mg/mg/dia) (Tabela 2). Esse resultado demonstra que as lagartas apresentaram capacidade de compensar as diferenças entre os alimentos testados e assim, manter o desenvolvimento normal, como também relatado por Evangelista (1994), Bortoli *et al* (2002) e Porto *et al* (2006).

Entre as cultivares alternativas, apenas 'Korin' e 'SK 4' proporcionaram às lagartas maior TCrR que aquela obtida com 'Miura' (Tabela 2). Em contraste, Evangelista (1994) avaliando algumas das cultivares estudadas no presente trabalho e utilizando folhas com mais de 90 dias após a poda, não encontrou diferenças estatísticas entre 'Miura', 'Korin', 'FM 86' e 'FM 3/3' quanto a esse parâmetro. O autor, no entanto, verificou tendência da cultivar Korin e do híbrido FM 86 em apresentar a maior e a menor taxa de crescimento relativo, respectivamente.

Segundo Slansky e Scriber (1985), a TCrR reflete o tempo necessário para o inseto atingir o peso final, ou seja, valor menor corresponde a maior ciclo de vida do organismo. Essa taxa depende da qualidade do hospedeiro, estado fisiológico do inseto e fatores ambientais (Parra 1991). Hamano *et al* (1994) constataram que o período de alimentação do bicho-da-seda no quarto ínstar prolongou-se pela baixa condição nutricional do alimento e que, lagartas que digeriram 19 mg ou mais de proteína foram induzidas à ecdise. Essas observações ressaltam a importância de proporcionar alimento com requerimentos nutricionais adequados para permitir desenvolvimento normal do bicho-da-seda.

Taxa metabólica relativa (TMR). Lagartas alimentadas com os híbridos SK 1, FM 86 e SK 4, assim como com a cultivar padrão Miura formaram um grupo homogêneo, utilizando menor quantidade de alimento em metabolismo (mg/mg de peso corporal/dia), enquanto que lagartas alimentadas com 'Tailandesa' utilizaram maior quantidade de alimento para manter o seu metabolismo (Tabela 2). O diferencial no dispêndio de energia entre os tratamentos pode ter sido compensado por maior consumo de folhas, como foi observado, principalmente, com lagartas alimentadas com a cultivar Tailandesa e, em menor grau, com aquelas que se alimentaram com 'Korin' e 'FM 3/3' (Tabela 2).

A relação entre TMR e TCR também foi constatada em estudos com lagartas de *B. mori* na análise de 'Korin' e 'IZ 56/4' em quatro idades de corte (Porto *et al* 2006). O mesmo foi confirmado por Bortoli *et al* (2002), ao estudar as cultivares Fernão Dias, FM Shima-Miura, Formosa e Yamada, na qual verificaram correlação positiva entre os dois índices, independente da cultivar.

Digestibilidade aproximada (DA). A DA (porcentagem do alimento ingerido que é assimilado) das cultivares pelo bicho-da-seda variou de 46,4% a 58,9% (Tabela 3). Entre as cultivares alternativas a cultivar padrão Miura, a cultivar Tailandesa seguida pela 'Korin' foram digeridas com maior facilidade pelas lagartas. Elas apresentaram superioridade na eficiência de assimilação de 27% e 22%, respectivamente, em relação a cultivar padrão, enquanto, os híbridos SK 4 e FM 3/3 em torno de 12% e SK 1, 9% (Tabela 3). Evangelista (1994) também encontrou diferenças significativas entre cultivares, constatando maior DA para 'Korin' (34,87%) e menor para

Tabela 3 Percentagem de digestibilidade aproximada (DA), eficiência de conversão do alimento ingerido (ECI) e digerido (ECD) e custo metabólico (CM) de lagartas de *Bombyx mori* alimentadas com diferentes cultivares de amoreira. (25 ± 3°C; 80 ± 10% UR)

Cultivares	DA	ECI	ECD	CM
Miura	46,4 ± 0,74 d	18,0 ± 0,28 c	39,6 ± 1,22 a	60,5 ± 1,22 d
Korin	56,5 ± 0,92 b	17,8 ± 0,27 c	32,3 ± 1,22 c	67,7 ± 1,22 b
Tailandesa	58,9 ± 0,62 a	16,3 ± 0,22 d	27,7 ± 0,43 d	72,3 ± 0,43 a
FM 3/3	51,8 ± 0,86 c	17,5 ± 0,42 c	34,6 ± 1,30 b	65,4 ± 1,30 c
FM 86	47,7 ± 0,67 d	18,7 ± 0,24 b	39,8 ± 0,97 a	60,2 ± 0,97 d
SK 1	50,5 ± 0,79 c	17,4 ± 0,27 c	35,2 ± 1,22 b	64,8 ± 1,22 c
SK 4	52,2 ± 0,99 c	19,6 ± 0,39 a	38,6 ± 1,37 a	61,4 ± 1,37 d

Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

‘FM SM’ (29,53%), enquanto que ‘Miura’, ‘FM 86’ e ‘FM 3/3’ apresentaram valores intermediários.

Baixos valores de digestibilidade podem ser atribuídos, entre outros fatores, a deficiência ou balanceamento inadequado de nutrientes, deficiência de água e alto teor de fibras indigeríveis (Waldbauer 1964, Paul *et al* 1992, Rahmathulla *et al* 2004) ou pela presença de aleloquímicos (Beck & Reese 1976 apud Parra 1991).

Os valores de DA obtidos com todas as cultivares seguiram tendência inversa ao teor de fibra presente nas folhas (Tabela 1), ou seja, aquelas com menores teores (‘SK 4’, ‘Tailandesa’ e ‘Korin’) foram digeridas em maior quantidade pelo inseto (Tabela 3).

Eficiência de conversão do alimento ingerido em biomassa (ECI). Para este índice foi observado apenas um grupo homogêneo, composto por ‘Miura’, ‘Korin’, ‘FM 3/3’ e ‘SK 1’, que apresentaram valores de ECI intermediários em relação às demais cultivares (Tabela 3). As lagartas alimentadas com o híbrido SK 4 apresentaram maior capacidade de utilizar eficientemente o alimento ingerido para o crescimento do que com as demais cultivares, seguido do híbrido FM 86 (Tabela 3). Isso significa que com menor quantidade de alimento, o inseto alcança, em menor tempo, o peso máximo com esses dois híbridos (SK 4 e FM 86). No entanto, Evangelista (1994), em condições diferentes das realizadas no presente estudo, não constatou diferenças significativas nos valores de ECI entre as cultivares Miura, Korin e os híbridos FM 86 e FM 3/3 obtendo valores de ECI inferiores aos verificados no presente estudo. Diferenças na ECI também foram encontradas com lagartas alimentadas com as cultivares Fernão Dias, FM Shima-Miura, Formosa e Yamada (Bortoli *et al* 2002) e com ‘IZ 56/4’ e ‘Korin’ (Porto *et al* 2006).

Segundo Waldbauer (1964, 1968) a ECI varia com a digestibilidade e com o valor nutricional do alimento, com a ingestão de nutrientes e com as quantidades proporcionais da porção digerível do alimento que são, em parte, convertidas em substâncias do corpo e metabolizadas para a produção de energia de manutenção. Sendo assim, as possíveis causas das diferenças na eficiência da utilização do alimento pelas lagartas podem ser atribuídas a um ou mais dos vários fatores acima citados, os quais estão relacionados às características

intrínsecas de cada cultivar.

Eficiência de conversão do alimento digerido em biomassa (ECD). A ECD, ou seja, a percentagem de alimento assimilado que é convertido em substância corpórea, foi significativamente maior com a cultivar Miura, e com os híbridos FM 86 e SK 4 (Tabela 3). Contudo, Evangelista (1994) não encontrou diferenças significativas entre as percentagens de ECD para lagartas alimentadas com ‘Miura’, ‘Korin’, ‘FM SM’, ‘FM 86’ e ‘FM 3/3’.

A eficiência de conversão também varia com o valor nutricional do alimento e com o nível de ingestão de nutriente, não dependendo diretamente da digestibilidade (Waldbauer 1968). A ECD decresce com o aumento da porção de alimento assimilado gasto para a produção de energia. Essa relação inversa pode ser constatada no presente trabalho, onde lagartas alimentadas com a cultivar Tailandesa apresentaram maior TMR e menor valor de ECD (Tabelas 2 e 3).

As cultivares Tailandesa e Korin embora tenham apresentado os maiores valores de DA, registraram baixos índices de ECI e ECD. A menor adequação dessas cultivares possivelmente se deve a fatores que inibem a conversão de alimento ingerido e digerido em biomassa. Segundo Reese (1979) apud Vendramim (1983), esse fato pode ser atribuído à presença de substâncias que bloqueiam a utilização de nutrientes ou a taxas desfavoráveis de aminoácidos.

Custo metabólico (CM). A maior percentagem de alimento digerido que foi transformado em energia ocorreu com lagartas que se alimentaram com a cultivar Korin seguida por Tailandesa (Tabela 3). As lagartas que se alimentaram de ‘FM 86’, ‘Miura’ e ‘SK 4’ utilizaram menos alimento para produzir energia metabólica. Segundo Scriber e Slansky (1981), maior custo metabólico pode ser atribuído à presença de determinadas substâncias nos alimentos que afetam a fisiologia do inseto.

Embora lagartas alimentadas com folhas de ‘Tailandesa’ tenham apresentado um custo metabólico superior a 70% da biomassa assimilada, essas tiveram taxas de crescimento próximas às obtidas pelas lagartas alimentadas com a maioria das cultivares. Isso pode ser atribuído ao fato de o maior dispêndio de energia pelas lagartas ter sido compensado pelo maior consumo dessa cultivar de amoreira (Tabela 3).

Em alguns índices nutricionais, embora tenham ocorrido diferenças significativas entre as cultivares, estas foram relativamente pequenas. Isso se deve possivelmente, ao grau de especificidade entre *B. mori* e a amoreira, e por estarem sendo avaliadas, neste estudo, cultivares com boa aceitação pelas lagartas.

Tendo em vista que maiores índices refletem maior adequação nutricional do alimento ao inseto, os resultados de ECI e ECD obtidos com 'SK 4' e 'FM 86' indicam serem estes os alimentos mais adequados para *B. mori* (Tabela 3). As menores taxas de consumo e metabólica dos dois híbridos também confirmam sua superioridade, destacando-se 'SK 4', cujas lagartas apresentaram resultados desejáveis em maior número de parâmetros avaliados.

Considerando-se ambos, a composição bromatológica das cultivares e a nutrição quantitativa das lagartas, entre as cultivares de amoreira alternativas à cultivar padrão Miura, 'SK 4' é a mais favorável para a alimentação de *B. mori*, pois suas folhas contêm maiores teores de nutrientes, proporcionando às lagartas boa digestibilidade e taxa de crescimento, baixa taxa de consumo relativo e baixo custo metabólico. Além disso, lagartas alimentadas com esse híbrido mostraram-se eficientes na conversão do alimento ingerido e digerido em biomassa.

Portanto, a maior adequação nutricional do híbrido SK 4 às lagartas do bicho-da-seda, constatada neste estudo, pode explicar em grande parte, os bons resultados de produção e qualidade de casulos, proporcionados por esse alimento na criação de *B. mori*, observados por Meneguim *et al* (2007).

Agradecimentos

A Namir Filipin Soler e Adauto Crispin pela assistência técnica de campo e laboratório, ao Dr. Celso Luiz Hohmann, pela revisão crítica do manuscrito e à Empresa de Fiação de Seda Bratac S/A pelo fornecimento das lagartas de *B. mori*.

Referências

- Ataide L T (2007) Diagnóstico da atividade sericícola na base territorial do Paraná centro e identificação de gargalos tecnológicos. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 130p.
- Bortoli A S, Montagna M A, Miranda J E, Murata A T, Takahashi R (2002) Índices de consumo e utilização de cultivares de amoreira por *Bombyx mori* L. Rev Agric 77: 65-77.
- Chaluvachari U, Bongale D (1995) Evaluation of leaf quality of some germoplasm genotypes of mulberry through chemical analysis and bioassay with silkworm, *Bombyx mori* L. Indian J Seric 34: 127-132.
- Cifuentes C C A, Sohn K W (1998) Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Pereira, Fundo Editorial de Risaralda, 438p.
- Evangelista A (1994) Índices nutricionais e desempenho do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.) alimentado com diferentes cultivares de amoreira. Dissertação de mestrado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 91p.
- Fonseca A S, Fonseca T C (1988) Cultura da amoreira e criação do bicho-da-seda: sericultura. São Paulo, Nobel, 246p.
- Hamano K, Ikeda A, Shen W (1994) Relationship between food consumption and molting of the silkworm, *Bombyx mori*. Proc. Japan Acad 70: 146-150.
- Hiratsuka E (1920) Researches on the nutrition of the silk worm. Bull Ser Exp Sta Japan 1: 257-315.
- Ito T (1978) Silkworm nutrition, p.121-157. In Tazima Y (ed) The silkworm: an important laboratory tool. Tokyo, Kodansha Ltd, 307p.
- Ito T, Kobayashi M (1978) Rearing of the silkworm, p.83-102. In Tazima Y (ed) The silkworm: an important laboratory tool. Tokyo, Kodansha Ltd, 307p.
- Meneguim A M, Lovato L, Silva R Z, Yamaoka R S, Nagashima G T, Pasini A (2007) Influência de cultivares de amoreira *Morus* spp. sobre a produção e qualidade de casulos de bicho-da-seda, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Neotrop Entomol 36: 670-674.
- Okamoto F, Rodella R A (2006) Características morfo-anatômicas e bromatológicas de folhas de amoreira em relação às preferências do bicho-da-seda. Pesq Agropec Bras 41: 195-203.
- Parra J R P (1991). Consumo e utilização de alimentos por insetos, p.9-66. In Panizzi A R, Parra J R P Ecologia nutricional de insetos e suas aplicações no manejo de pragas. São Paulo, Manole, 359p.
- Parra J R P, Kogan M (1981) Comparative analysis of methods for measurements of food intake and utilization using the soybean looper, *Pseudoplusia includens* and artificial media. Entomol Exp App 30: 45-57.
- Paul D C, Subba Rao G, Deb D C (1992) Impact of dietary moisture on nutritional indices and growth of *Bombyx mori* and concomitant larval duration. J Insect Physiol 38: 229-235.
- Petkov M, Mircheva D (1979) Composition and digestibility of nutrients in leaves of different mulberry varieties in experiment with silkworms. Zhivotnov" dni Nauki 19: 123-128.
- Porto A B, Funari S R C, Dierckx S M A G (2006) Consumo e utilização do alimento pelo bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.), alimentado com dois cultivares de amoreira em diferentes idades de corte. Ciência Animal Bras 7: 153-166.
- Porto A J (2000) Efeito da idade de corte de dois cultivares de amoreira no desempenho e características do casulo do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). Dissertação de mestrado, UNESP, Faculdade de Medicina e Zootecnia, Botucatu, 81p.
- Porto A J (2002) Aspectos nutricionais do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). B. Industr Anim 59: 79-99.
- Purohit K M, Kumar T P (1996) Influence of various agronomical practices in India on the leaf quality in mulberry, a review. Sericologia 36: 27- 41.
- Rahmathulla V K, Himantharaj M T, Srinivasa G, Rajan R K (2004) Association of moisture content in mulberry leaf with nutritional parameters of bivoltine silkworm (*Bombyx mori* L.).

- Acta Entomol Sinica 47: 701-704.
- Reese J C (1979). Interactions of allelochemicals with nutrients in herbivore food, p.309-330. In Rosenthal G A, Janzen D H (eds) *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. New York, Academic Press, 718p.
- Sarker AA, Haque M R, Rab M A, Absar N (1997) Studies on crude protein and amino acid contents of mulberry (*Morus alba* L.) leaves in relation to cocoon production of the silkworm, *Bombyx mori* L. *Sericologia* 37: 137-142.
- Scriber J M, Slansky Jr F (1981) The nutritional ecology of immature insects. *Ann Rev Entomol* 26: 183-211.
- Silva D J (1988) Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 2ª ed, Viçosa, UFV, 165p.
- Silva D J, Queiroz A C (2002) Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed, Viçosa, UFV, 235p.
- Scott A J, Knott, M A (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30: 507-512.
- Slansky F, Scriber J M (1985) Food consumption and utilization, p.87-163. In Kerkut A A, Gilbert L I (eds) *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*. Oxford, Pergamon Press, 639p.
- Takahashi R (1996) Características vegetativas e nutricionais de cultivares de amoreira utilizadas na alimentação do bicho-da-seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera-Bombycidae). Tese de livre-docência, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 44p.
- Vendramim J D, Lara F M, Parra J R P (1983) Consumo e utilização de cultivares de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) por *Agrotis subterranea* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera-Noctuidae). *An Soc Entomol Brasil* 12: 129-144.
- Waldbauer G P (1964) The consumption, digestion and utilization of solanaceous and non-solanaceous plants by larvae of the tobacco hornworm, *Protoparce sexta* (Johan.) (Lepidoptera: Sphingidae). *Entomol Exp Appl* 7: 253-269.
- Waldbauer G P (1968) The consumption and utilization of food by insect. *Adv Insect Physiol* 5: 229-288.
- Watanabe J K, Yamaoka R S, Baroni S A (2000) Cadeia produtiva da seda: diagnósticos e demandas atuais. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina, 129p.

Received 07/X/08. Accepted 06/VIII/09.
