

## 原蚕の壮蚕用飼料の改善

誌名	蠶絲試験場彙報
ISSN	03853594
著者	柳川, 弘明 渡辺, 喜二郎 中村, 匡利
巻/号	132号
掲載ページ	p. 49-61
発行年月	1988年2月

# 原蚕の壮蚕用飼料の改善

柳川弘明・渡辺喜二郎・中村匡利

Hiro-aki YANAGAWA, Kijiro WATANABE and Masatoshi NAKAMURA : Improvement of artificial diet for grown larvae of parent silkworms for hybridization.

原蚕の全齢人工飼料育は無毒蚕種の製造、施設の通年稼働など多くの利点が挙げられているが、人工飼料育導入に当たっての問題点の一つは飼料のコスト高にあるとされている。蚕は全齢に必要な飼料の約80%を5齢期に食下するところから、5齢用飼料のコスト低減は原蚕の全齢人工飼料育の体系化を図る上で極めて重要な課題である。最近、人工飼料の組成改善において、各種家畜用飼料素材の導入が試みられ、線形計画法(LP法)によって設計された飼料組成も明らかにされている(堀江ら, 1980; 堀江・渡辺, 1983)。本研究においては、LP法により開発された既報の飼料を用いて交雑原種の飼育試験を実施しその有用性を明らかにするとともに、新たに飼料組成の設計を試みた。また、全齢人工飼料育に要する飼料費の試算を行い、その経済性についても若干の考察を加えた。なお、本研究の一部はすでに報告した(柳川ら, 1988b)。

## 材料及び方法

供試蚕品種は主として交雑原種日5・1及び中6・1を用い、一部の試験においてはN25×N89及びC45×C55も使用した。

用いた飼料は、堀江・渡辺(1983)により開発されたLP-4及びLP-7を基本として、この2種類の飼料に桑葉粉末をそれぞれ0, 10, 20%添加した(第1表)。これらの飼料を用いて5齢起蚕より飼育試験を行い、幼虫の成長や産卵性に及ぼす影響について検討した。なお、試験に供試した蚕は1~4齢期間を場内特研「優良蚕種」の共通試験-1で使用したY-A飼料で飼育し、5齢起蚕時に雌雄を分別して1区50頭、2連制で実施した。

一方、LP法による新たな飼料組成の設計に先立って、導入が予想される各種素材中の粗蛋白質などの一般成分及びアミノ酸、無機物、ビタミン量等を測定した。各種栄養素の測定はHORIEら(1985)及び飼料成分分析の公定法に従って行った。また、アミノ酸、無機物及びビタミン等については単体または化合物中の栄養素量を算出し、それらを合わせて飼料素材の栄養素含量に関するマトリックスを作成した。用いた飼料素材の価格は、一般に家畜・家禽用として販売されている素材を用いるものと仮定し、主として飼料月報(農林水産省畜産局流通飼料課編)に基づいて昭和61年4月時点における過去1年間の店頭小売価格の平均値を使用した。なお、LP法における栄養素の最低必要量及び飼料素材の制限条件等につい

第1表 用いた飼料の組成

飼料	添 加 量 (%)					
	LP-4*			LP-7*		
飼料素材						
桑葉粉末	0.00	10.00	20.00	0.00	10.00	20.00
小麦ふすま	0.00			15.35		
米ぬか	30.42			32.05		
脱脂大豆粉末	32.15			9.83		
魚粉	1.47			3.67		
グルテンミール	5.30			7.34		
KR-酵母	1.47			5.14		
ネオVB-C	2.23			0.02		
ネオVB-M	0.00			0.002		
メチオニン	0.10			0.00		
リジン-HCl	0.26	× 0.9	× 0.8	0.00	× 0.9	× 0.8
アスコルビン酸	2.13			2.13		
フィステロール	0.21			0.21		
イノシトール	0.10			0.10		
クエン酸	5.03			5.03		
蔗糖	4.03			4.03		
カラギーナン	5.00			5.00		
大豆油	2.13			2.13		
セルロース粉末	7.05			7.05		
ソルビン酸	0.21			0.21		
防腐剤	0.72			0.72		
合計	100.01	100.00	100.00	100.01	100.00	100.00

\* : 堀江・渡辺 (1983)

\*\* : 水添加量は240ml/100g 乾物飼料

ては結果の部分において述べる。

## 結果及び考察

### 1. LP飼料による中6・1の飼育試験

LP飼料及びLP飼料に桑葉粉末を添加した飼料で5齢期を飼育した場合の蚕体重、営繭及び繭の計量形質を第2表に示した。桑葉粉末無添加のLP-4及びLP-7を給餌すると5齢幼虫はほとんど摂食せず、5日後においても体重の増加は認められなかった。また、これらの飼料区では6日後頃から死亡する個体が出始め、営繭までに至った幼虫は両飼料区ともそれぞれ1頭のみであった。しかし、LP飼料に桑葉粉末を10%または20%添加することにより摂食性は著しく改善され、その後の成長、結繭蚕歩合、健蛹歩合等もかなり向上した。桑葉粉末の添加による繭の計量形質の向上はLP-4で特に顕著であり、健蛹歩合も高かった。一方、LP-7では桑葉粉末10%を含む飼料においても、摂食を開始して2、3日後から一部の幼虫が吐液するなど中毒症状を示すものがみられ、これらの幼虫のほとんどは熟蚕となる直前に死亡し、結繭蚕歩合や健蛹歩合も低いものであった。LP-7に桑葉粉末を20%

第2表 LP飼料による中6・1の飼育成績

試験区	5齢5日後 体重 (g)	上簇割合 (%)	結繭蚕歩合 (%)	上 繭 繭 質			健 蛹 歩 合 (%)
				全繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層歩合 (%)	
Y-A飼料	♂ 6.00	100.0	93.0	2.43	49.8	20.6	87.0
	♀ 7.11	98.0	92.0	3.04	55.7	18.4	90.0
LP-4	♂ 1.04	0.0	0.0	—	—	—	—
	♀ 1.28	1.0	1.0	1.93	36.0	18.7	1.0
LP-4 + 桑葉粉末10%	♂ 2.71	95.0	87.0	1.86	42.6	22.9	85.0
	♀ 3.28	82.0	68.0	2.46	48.7	19.8	76.0
LP-4 + 桑葉粉末20%	♂ 4.18	99.0	93.0	2.01	40.6	20.3	94.0
	♀ 5.48	97.0	92.0	2.66	47.4	17.8	93.0
LP-7	♂ 1.04	1.0	1.0	0.99	12.3	12.4	1.0
	♀ 1.21	0.0	0.0	—	—	—	—
LP-7 + 桑葉粉末10%	♂ 2.42	41.0	22.0	1.53	26.2	17.3	25.0
	♀ 3.05	19.0	9.0	1.59	23.7	14.9	11.0
LP-7 + 桑葉粉末20%	♂ 3.79	95.0	60.0	1.79	30.6	17.2	62.0
	♀ 4.55	97.0	48.0	2.12	32.1	15.4	54.0

添加することによってそれらの点はかなり改善されたが、LP-4に比較すれば繭の計量形質や健蛹歩合はかなり劣っていた。

産卵調査の結果を第3表に示した。桑葉粉末を含むLP飼料の健蛹発蛾歩合は比較的良好でLP-4では95%以上、LP-7でも約90%の値が得られた。しかし、LP-7では不産卵蛾や受精卵蛾の発生が多くみられ、正常卵蛾歩合は低かった。したがって、最終的に得られた精選卵量は、桑葉粉末20%を含むLP-4で最も高く、LP-7は全般的に劣っていた。

このように、用いた2種類のLP飼料の間で交雑原種の飼育成績及び産卵成績に大きな差が認められたが、その理由としては、飼料素材の使用制限条件の相違または栄養素の最低必要量の差異などに基づくことが考えられる(堀江・渡辺, 1983)。すなわち、LP-7ではLP-4に比較して幼虫の摂食性を著しく阻害する魚粉、酵母、グルテンミール等の添加量が多くなっている。また、飼料素材としては蚕に対する栄養価も高く、アミノ酸組成が桑葉に近い脱脂大豆粉末(新村, 1973)の添加量が極めて少ない。さらに、LP-7においては栄養素の最少必要量に関する制限条件が緩和されているものが多い、ことなどが指摘されよう。

以上の結果から、交雑種の5齢用として開発されたLP飼料はそのままの組成では摂食性が劣り、直ちに交雑原種用の飼料として使用できないことが分かった。しかし、これらの飼料に桑葉粉末を10~20%添加することにより摂食性は著しく改善され、繭の計量形質や産卵性も向上することが明らかとなった。特にLP-4に桑葉粉末を20%添加するとその効果は

第3表 LP飼料による中6・1の産卵成績

試験区	対健蛹発蛾歩合 (%)	産卵状態 (%)					1 蛾平均産卵数 (粒)	1 g 卵数 (粒)	粗卵量 (g)	精選卵量 (g)
		不産卵蛾	不受精卵蛾	少数卵蛾	その他	正常卵蛾				
Y-A飼料	♂ 93.3 ♀ 100.0	3.3	23.4	0.0	2.3	71.1	836	1,660	19.36	14.60
LP-4	♂ 0.0 ♀ (100.0)*	—	—	—	—	(100.0)	(640)	(2,000)	(0.32)	(0.31)
LP-4 + 桑葉粉末10%	♂ 95.2 ♀ 97.4	5.5	8.1	10.9	2.7	73.0	745	1,751	11.52	10.34
LP-4 + 桑葉粉末20%	♂ 100.0 ♀ 96.8	2.3	13.5	2.3	2.2	81.0	775	1,717	16.49	14.50
LP-7	♂ 0.0 ♀ 0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
LP-7 + 桑葉粉末10%	♂ 92.0 ♀ 90.0	20.0	12.5	0.0	0.0	66.7	526	1,892	0.99	0.70
LP-7 + 桑葉粉末20%	♂ 96.8 ♀ 87.5	16.6	11.1	0.0	2.3	68.1	633	1,778	5.35	4.32

\* 1蛾のみの成績

顕著に見られ、Y-A飼料を与えた場合に最も近い成績となった。したがって、蚕の摂食性を考慮して、ある程度の桑葉粉末を含む飼料がLP法により開発されれば、交雑原種の壮蚕用飼料として十分に利用が可能であると考えられた。

## 2. LP法による原蚕の壮蚕用飼料組成の設計

LP法を用いて飼料組成の設計を行うことの特徴の一つは、各種飼料素材の組合わせの中から最も安価で、かつ蚕の栄養要求を満たした飼料を作出することにある。したがって、飼料組成の設計に先立ち、導入が期待される各種飼料素材中の栄養素含量を明らかにすることは極めて重要である。第4表には組成設計に供試した24種類の飼料素材について34種の栄養素の含量を明らかにした。また、アミノ酸、無機物、ビタミン等については12種類の単体または化合物の組成を示した。既に畜産の分野では、飼料素材中に含まれる各種栄養素の含量、消化率、栄養価などが、対象となる家畜又は家禽ごとに詳細に検討され日本標準飼料成分表（農林水産技術会議事務局）としてまとめられている。しかし、蚕の栄養要求は家畜や家禽とは異なる面があり、蚕の飼料組成設計に必要な栄養素の数値が記載されていない場合がある。また、飼料原料の産地や採取年度、飼料素材としての調製方法や保管状況などによっても当然その含量は変化するものと考えられる。今回の分析結果からも明らかのように、桑葉粉末の栄養素含量は同一圃場の同一桑品種（しんいちのせ）の間でも採取年度によって異なり、また、桑葉粉末の栄養素含量もその調製方法により著しく異なっていることが分かる。

第4-1表 飼料素材中の栄養素含量

飼料素材	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9	F-10	F-11	F-12
	'85 桑葉粉末	'86 桑葉粉末	熟乾 桑(春)	蒸熟処理 桑(春)	脱脂大豆	E O H 洗脱大豆	ソルビー 600	米	トウモロ コシ	マイロ	小麦 ふすま	菜種粕
栄養素含量												
水分	3.53	4.05	2.54	3.00	6.88	7.53	5.72	7.37	7.95	8.29	8.47	8.55
エネルギー (Kcal/g)	4.30	4.30	4.61	4.67	4.51	4.53	4.48	3.67	4.01	3.97	4.08	4.31
C-1 粗蛋白質 (%)	24.17	24.39	2.54	4.04	51.04	55.31	67.68	19.10	7.61	7.24	15.07	33.57
C-2 粗脂肪 (%)	3.50	3.56	0.91	2.04	0.28	0.00	0.06	1.06	2.09	2.41	2.20	2.79
C-3 可溶性無窒素物 (%)	42.53	42.36	15.02	28.65	30.93	25.40	14.75	52.39	73.05	70.30	58.83	27.64
C-4 粗繊維 (%)	15.23	16.76	77.25	60.39	4.62	5.18	5.20	7.85	8.27	9.79	12.82	21.03
C-5 粗灰 (%)	11.04	8.88	1.74	1.88	6.25	6.58	6.59	12.23	1.03	1.97	2.61	6.42
C-6 アルギニン (%)	1.27	1.04	0.31	0.01	4.23	4.54	5.59	1.42	0.39	0.36	0.89	2.27
C-7 ヒスチジン (%)	0.56	0.56	0.09	0.05	1.52	1.60	1.48	1.49	0.22	0.18	0.37	0.98
C-8 イソロイシン (%)	0.88	1.05	0.13	0.12	2.60	2.80	2.94	0.58	0.27	0.28	0.50	1.40
C-9 ロイシン (%)	1.90	1.87	0.23	0.21	4.30	4.71	4.83	0.92	0.79	0.68	0.76	1.98
C-10 リジン (%)	1.47	1.51	0.27	0.02	4.12	4.44	4.38	0.92	0.22	0.22	0.50	2.16
C-11 メチオニン (%)	0.12	0.42	0.01	0.01	0.74	0.78	0.85	0.31	0.16	0.11	0.25	0.69
C-12 フェアラニン (%)	1.17	1.19	0.15	0.12	2.94	3.21	3.49	0.80	0.43	0.39	0.72	1.61
C-13 スレオニン (%)	1.07	1.05	0.16	0.13	2.28	2.46	2.64	0.73	0.32	0.30	0.47	1.61
C-14 トリプトファン (%)	—	—	—	—	0.44*	0.47*	0.44*	0.17*	0.06*	0.08*	0.28*	0.68*
C-15 バリン (%)	1.23	1.31	0.18	0.15	2.62	2.87	3.11	0.95	0.37	0.38	0.67	1.88
C-16 プロリン (%)	0.86	1.28	0.14	0.03	2.70	1.43	2.89	0.58	0.40	0.36	0.73	2.32
C-17 カルシウム (%)	1.82	1.86	0.40	0.50	0.21	0.23	0.32	0.21	0.01	0.06	0.07	0.62
C-18 燐 (%)	0.38	0.43	0.08	0.09	0.67	0.70	0.78	2.38	0.22	0.32	0.59	1.05
C-19 マグネシウム (%)	0.41	0.56	0.06	0.07	0.28	0.30	0.34	1.11	0.08	0.17	0.25	0.54
C-20 カリウム (mg/kg)	1.91	2.05	0.32	0.32	2.45	2.52	2.51	2.47	0.26	0.42	0.59	1.74
C-21 鉄 (mg/kg)	166.04	194.13	83.36	76.64	90.09	96.82	134.58	198.13	36.64	149.16	109.80	186.17
C-22 亜鉛 (mg/kg)	81.00	40.89	6.67	7.50	45.83	44.17	39.17	71.67	13.33	15.83	51.90	53.83
C-23 コリン (g/kg)	1.80	1.90	0.40	0.50	2.30	2.30	0.80	1.90	0.60	0.76*	1.11*	6.73*
C-24 イノシトル (g/kg)	8.14	7.67	0.46	0.54	2.12	2.12	0.91	4.02	0.46	0.54	1.07	3.37
C-25 チアミン (mg/kg)	6.00	5.80	1.10	0.00	6.90	6.90	3.40	23.90	2.00	4.40*	8.90*	1.80*
C-26 リボフラビン (mg/kg)	17.60	16.20	1.70	1.30	10.90	10.90	1.10	4.90	0.80	1.30*	3.50*	3.80*
C-27 パントテン酸 (mg/kg)	39.80	39.10	5.20	0.00	40.90	40.90	1.20	103.00	4.40	12.80*	32.60*	9.20*
C-28 ニコチン酸 (mg/kg)	63.90	68.10	16.00	17.20	15.00	15.00	5.60	640.00	24.40	48.00*	235.10*	160.00*
C-29 ビリドキシン (mg/kg)	11.10	10.70	3.10	0.50	4.50	4.50	0.99	40.30	3.20	4.61*	11.24*	0.00*
C-30 ビオチン (mg/kg)	0.58	0.53	0.02	0.03	0.43	0.43	0.41	0.50	0.07	0.20*	0.54*	0.00*
C-31 葉酸 (mg/kg)	3.70	4.00	0.40	0.03	2.90	2.90	2.30	1.50	0.12	0.27*	2.02*	0.00*
C-32 精糖 (%)	6.68	5.79	3.09	5.06	11.73	5.88	2.88	8.05	1.40	0.97	2.73	7.90
C-33 ステロール (g/kg)	1.10	0.93	—	—	0.00	0.00	0.00	0.73	0.58	0.00	0.50	0.00
C-34 脂肪酸 (g/kg)	21.40	20.93	—	—	5.46	0.00	2.75	13.40	21.87	23.35	25.53	29.25

\*数値は日本標準飼料成分表(1980)より引用

第4-2表 飼料素材中の栄養素含量

飼料素材 栄養素含量	飼料素材												
	F-13 グルテン ミール	F-14 インフライグ ラス	F-15 アルファ ルファ	F-16 脱脂粉乳	F-17 魚 粉	F-18 母 粉	F-19 蚕蛹粉末	F-20 鶏 用 ビ タ ミ ン	F-21 豚 用 ビ タ ミ ン	F-22 鮎 用 ビ タ ミ ン	F-23 ウナギ用 ビ タ ミ ン	F-24 カラギー ナン	
水分率 (%)	3.63	4.90	5.39	4.69	3.26	7.03	2.51	6.00	6.47	2.32	5.55	4.39	
エネルギー (kcal/g)	5.48	3.83	3.91	4.37	4.89	4.84	5.73	4.27	4.03	3.66	4.44	2.71	
C-1 粗蛋白質 (%)	65.71	12.06	14.72	30.82	66.42	40.67	49.45	22.90	20.62	2.01	41.89	0.89	
C-2 粗脂肪 (%)	2.44	2.43	2.20	0.57	7.71	0.56	31.61	1.18	0.95	0.43	2.31	0.00	
C-3 可溶性窒素物 (%)	25.66	50.32	31.13	56.40	3.00	23.80	5.93	35.34	38.88	93.69	21.70	78.29	
C-4 粗纖維 (%)	2.03	22.53	37.81	0.35	4.17	24.14	5.78	25.17	22.60	0.00	17.81	0.00	
C-5 粗灰分 (%)	0.53	7.76	8.75	7.17	15.44	3.80	4.72	9.41	10.48	1.55	10.76	16.43	
C-6 アルギニン (%)	2.69	0.59	0.69	1.56	3.99	3.11	2.14	0.89	1.29	0.01	1.32	0.02	
C-7 ヒスチジン (%)	1.36	0.34	0.31	0.87	1.18	1.02	1.68	0.33	0.42	0.00	0.58	0.00	
C-8 イソロイシン (%)	3.07	0.42	0.58	1.39	2.39	2.39	1.71	0.40	0.52	0.01	1.08	0.02	
C-9 ロイシン (%)	9.10	0.62	0.80	2.13	3.84	3.03	2.16	0.71	1.07	0.01	1.76	0.06	
C-10 リジン (%)	1.31	0.51	0.78	2.41	3.16	3.22	2.97	0.63	0.84	0.00	1.82	0.02	
C-11 メチオニン (%)	2.58	0.19	0.13	0.92	1.35	0.60	1.78	0.16	0.23	0.00	0.42	0.01	
C-12 フェニルアラニン (%)	5.86	0.55	0.74	1.51	2.95	2.62	2.12	0.54	0.66	0.11	1.06	0.03	
C-13 スレオニン (%)	2.26	0.47	0.64	1.29	2.91	2.38	2.01	0.50	0.64	0.01	15.78	0.01	
C-14 トリプトファン (%)	3.17	0.04*	0.25*	0.45*	0.74*	0.39*	1.43*	—	—	—	—	—	
C-15 バリン (%)	3.17	0.59	0.74	1.86	4.17	2.86	2.34	0.65	0.76	0.00	1.27	0.04	
C-16 プロリン (%)	6.12	0.28	0.62	1.63	2.37	3.33	1.12	0.78	1.82	0.12	1.03	0.12	
C-17 カルシウム (%)	0.02	0.40	1.64	0.96	3.68	0.88	0.12	0.19	0.16	0.67	0.31	0.42	
C-18 磷 (%)	0.11	0.21	0.28	0.75	2.47	0.60	0.91	1.84	2.24	0.27	1.06	0.23	
C-19 マグネシウム (%)	0.02	0.11	0.30	0.13	0.15	0.03	0.42	0.85	0.20	0.02	0.20	0.74	
C-20 カリウム (%)	0.04	0.70	2.23	1.87	0.40	0.06	1.54	2.16	2.32	0.03	1.67	5.64	
C-21 鉄 (mg/kg)	132.71	162.80	216.45	57.20	940.19	171.30	38.88	295.33	220.56	1.87	33,457.94	80.75	
C-22 亜鉛 (mg/kg)	5.90	6.94	17.50	117.50	105.00	19.80	136.67	65.83	115.00	0.00	44.17	11.67	
C-23 コリン (g/kg)	0.36*	0.70	1.13*	1.55*	9.69*	3.12*	4.20	102.90	43.00	0.00	37.30	—	
C-24 イノシトール (g/kg)	1.04	1.70	—	0.53	0.73	4.78	0.64	0.00	0.00	0.00	10.00	—	
C-25 チアミン (mg/kg)	0.20*	3.60	2.90*	3.70*	2.00*	6.60*	5.40	1,800.00	900.00	1,800.00	900.00	—	
C-26 リボフラビン (mg/kg)	1.60*	6.20	11.20*	21.40*	9.80*	48.00*	113.00	10,000.00	7,000.00	3,000.00	2,500.00	—	
C-27 パントテン酸 (mg/kg)	11.30*	14.40	31.30*	35.90*	9.60*	73.20*	135.00	4,000.00	9,200.00	4,600.00	4,600.00	—	
C-28 ニコチン酸 (mg/kg)	54.80*	33.20	37.90*	12.20*	75.80*	540.20*	68.30	2,000.00	6,000.00	3,000.00	10,000.00	—	
C-29 ビリドキシン (mg/kg)	8.79*	3.40	0.00*	4.22*	3.59*	31.66*	3.70	1,800.00	400.00	1,200.00	900.00	—	
C-30 ビオチン (mg/kg)	0.16*	0.18	0.35*	0.33*	0.09*	1.16*	0.77	0.00	0.00	20.00	40.00	—	
C-31 葉酸 (mg/kg)	0.22*	2.00	6.31*	0.66*	0.22*	25.00*	7.10	1,000.00	0.00	600.00	200.00	—	
C-32 糖 (%)	0.25	7.43	4.28	29.78	0.05	1.68	0.70	5.51	7.12	28.03	1.88	—	
C-33 ステロール (g/kg)	0.92	0.68	0.38	0.10	4.71	2.57	1.13	0.00	0.00	—	—	—	
C-34 脂肪酸 (g/kg)	39.06	12.01	17.44	44.05	44.73	26.69	79.70	12.45	11.10	—	—	—	





LP法による飼料組成の設計に当たっては、栄養素に関する制限条件及び飼料素材の制限条件などについて種々検討したが、最終的に設計された5齢用の飼料組成(LPY-5)を第5表に示した。本飼料においては交雑原種の摂食性を考慮して桑葉粉末を10%含むように設定した。また、同様の観点から栄養価が高く比較的安価ではあるが蚕による忌避性の強い酵母や蚕蛹粉末の添加制限条件をかなり厳しく設定し、魚粉は使用除外とした。その結果、本飼料では桑葉粉末とトウモロコシがそれぞれ指定された10%及び20%添加され、さらに脱脂大豆粉末と脱脂米糠が選択されていた。しかし、酵母と蚕蛹粉末は栄養素含量と素材単価の関係から採択されていなかった。したがって、本飼料は桑葉粉末、脱脂大豆粉末、脱脂米糠及びトウモロコシで飼料組成全体の約80%を占め、これらの飼料素材によって不足するアミノ酸、無機物、ビタミンが単体または混合物として添加されていた。

本飼料の乾物価格は約310円/kgと試算された。この中で桑葉粉末や脱脂大豆粉末などの占める割合は41.7%であり、砂糖やクエン酸などいわゆるプレミックス部分(堀江・渡辺, 1983)の価格割合が比較的高いことが分かった。特にカラギーナン、アスコルビン酸及びク

第5表 LP法により設計されたLPY-5飼料の組成と乾物価格

飼料素材	飼料素材の 制限条件 (%)	設計された 飼料組成 (%)	飼料素材 価 (円)
桑葉粉末	EQ* 10.00	10.000	66.000
脱脂大豆粉末	—	30.056	24.045
脱脂米糠	LE** 20.00	19.615	7.258
トウモロコシ	EQ 20.00	20.000	12.400
小麦ふすま	LE 20.00	—	—
酵 母	LE 2.00	—	—
蚕 蛹 粉 末	LE 2.00	—	—
菜 種 粕	LE 10.00	—	—
トリプトファン	—	0.072	0.724
バ リ ン	—	0.029	0.285
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	—	0.075	1.131
CaCO <sub>3</sub>	—	1.774	8.869
鶏用ビタミン混合物	—	0.106	0.528
イノシトール	—	0.155	7.754
パントテン酸-Ca	—	0.007	0.201
ピリドキシン-HCl	—	0.001	0.142
砂 糖	EQ 6.00	6.000	15.600
ク エ ン 酸	EQ 4.00	4.000	24.000
大 豆 油	EQ 2.00	2.000	10.000
アスコルビン酸	EQ 1.00	1.000	25.000
フィトステロール	EQ 0.20	0.200	11.000
カラギーナン	EQ 4.00	4.000	76.000
防 腐 剤	EQ 0.91	0.910	19.150
合 計 (%)		100.000	—
乾物飼料価格 (円/kg)		—	310.087

\* EQ: 等量添加      \*\* LE: 以下添加

エン酸の合計は飼料価格全体の40.3%と極めて大きな比率を占め、これらの素材の削減または安価な物質への代替が今後の問題として残された。

一方、設計されたLPY-5飼料の各種栄養素含量について試験設計における設定値と飼料素材を配合した場合に予測される計算値とを比較した(第6表)。その結果、今回の飼料においては、アミノ酸ではスレオニン、トリプトファン、バリンが、無機物ではカルシウムとカリウムが、ビタミンB群ではイノシトール、パントテン酸、ピリドキシン、葉酸の計算値が設定値と一致し、これらの栄養素は制限性の高いことが分かった。この事実は、LPY

第6表 LP法により設計されたLPY-5飼料の栄養素含量

飼料素材	栄養素の制限条件 (%)	栄養素の計算値 (%)	栄養素の分析値 (%)
粗蛋白質 (%)	GE* 20.0	24.15	23.28
粗脂肪 (%)	—	3.33	2.86
可溶無窒素物 (%)	—	47.30	55.04
粗繊維 (%)	—	3.55	6.98
粗灰分 (%)	—	6.32	7.93
アルギニン (%)	GE 1.0	1.76	1.32
ヒスチジン (%)	GE 0.5	0.65	0.66
イソロイシン (%)	GE 1.0	1.05	1.03
ロイシン (%)	GE 1.0	1.82	1.77
リジン (%)	GE 1.0	1.61	1.51
メチオニン (%)	GE 0.3	0.33	0.34
フェニルアラニン (%)	GE 1.0	1.24	0.97
スレオニン (%)	GE 1.0	1.00	0.97
トリプトファン (%)	GE 0.3	0.30	—
バリン (%)	GE 1.2	1.20	1.24
プロリン (%)	GE 0.9	1.09	1.02
カルシウム (%)	GE 1.0	1.00	1.02
磷 (%)	GE 0.3	0.77	0.72
マグネシウム (%)	GE 0.3	0.36	0.42
カリウム (%)	GE 1.5	1.50	1.24
鉄 (mg/kg)	GE 100.0	100.19	110.80
亜鉛 (mg/kg)	GE 20.0	38.67	38.88
コリン (g/kg)	GE 1.2	1.65	1.40
イノシトール (g/kg)	GE 2.5	2.50	3.63
チアミン (mg/kg)	GE 2.0	13.70	8.80
リボフラビン (mg/kg)	GE 10.0	14.86	13.40
パントテン酸 (mg/kg)	GE 80.0	80.00	97.10
ニコチン酸 (mg/kg)	GE 70.0	83.48	151.00
ピリドキシン (mg/kg)	GE 15.0	15.00	19.60
ビオチン (mg/kg)	GE 1.0	1.07	0.30
葉酸 (mg/kg)	GE 2.0	2.00	2.20

\* GE：以上添加

— 5 飼料において上記栄養素の大部分が単体または混合物として添加されていることから明らかである。言い換えれば、これらの栄養素は桑葉粉末や脱脂大豆粉末等の飼料素材から供給するよりも、むしろ単体または混合物として添加した方がコスト的に有利であることを示している。

次に、飼料中に含まれる栄養素の計算値と実際に飼料を配合したのちの分析値とを比較した。なお栄養素の分析は、第5表に従って各種飼料素材を配合したのち常法により湿体飼料を調製し、凍結乾燥したものについて実施した。本飼料の組成設計においては一般成分のうち粗蛋白質についてのみ制限条件を設定したが、その分析値は計算値に良く一致し、制限条件を満たすものであった。また、個々の栄養素についてみると、アミノ酸と無機物のほとんど大部分は計算値と分析値の両者が良く一致していた。しかし、ビタミンの一部には両者の値が一致しないものがあり、それは一部飼料素材のビタミン量について日本標準飼料成分表の数値を用いたことに起因するものと考えられる。したがって、LPY-5 飼料における栄養素の設定値と計算値、計算値と分析値との関係から、LP 法による飼料組成の設計においては、制限条件として設定された各種栄養素の最低必要量はかなり正確に組成面に反映されていることが確認された。

以上の結果から、LPY-5 を場内特研「優良蚕種」の共通試験-4 の5 齢用飼料 (Y-C 飼料) として供試した。本飼料を用いた交雑原種の飼育成績並びに産卵成績の詳細については上田ら (1988) によって述べられている。本飼料を用いて5 齢期を飼育したところ、蚕品種間に差は認められたが、幼虫の成長及びその後の産卵成績は良好であった (第7表)。

第7表 LPY-5 飼料による交雑原種の産卵成績

蚕 品 種	健 蛹 発蛾歩合 (%)	正 常 卵蛾歩合 (%)	1 蛾平均 産 卵 数 (粒)	1 g 卵数 (粒)	対基本蚕数 (75頭)	
					粗 卵 量 (g)	精選卵量 (g)
日5・1	97.9	80.3	783	1,656	28.70	26.83
中6・1	100.0	79.4	736	1,648	27.10	22.01
N25・N89	97.2	94.0	717	1,742	28.10	27.39
C45・C55	95.6	100.0	861	1,628	37.22	35.33

### 3. 全齢人工飼料育における飼料費の試算

人工飼料により交雑原種の全齢を飼育した場合の飼料費について検討した (第8表)。試算に用いた飼料は前報 (柳川ら, 1988a) の1~4 齢用飼料及び今回設計された5 齢用のLPY-5 (Y-C) である。なお、1~4 齢用飼料における乾物価格及び湿体価格の算出基礎は水の添加量を除いて5 齢用飼料と同一とした。また、交雑原種の飼育における給餌量は滝沢ら (1986) の値を参考にした。給餌量の算出に当たっては日本種と中国種をそれぞれ0.5箱飼育することとし、1~3 齢は同一給餌量、4~5 齢は中国種の給餌量を日本種に比較して10%以上増量した。さらに、乾物飼料を湿体として調製するのに必要な加工費については200トン規模の調製能力を持つ人工飼料調製センターの諸経費等を参考にして求めた。

第8表 全齢人工飼料育における飼料費の試算

齢 期	湿体飼料価格 (円/kg)	箱 当 たり 給 餌 量 (kg/湿体)	箱 当 たり 飼 料 費 (円)	齢別飼料費 (円)	齢別構成比 (%)
1 齢	339	0.9	305	305	0.35
2 齢	331	2.6	861	861	0.98
3 齢	272	9.8	2,666	2,666	3.03
4 齢 日本種	289	21.0	6,069	13,150	14.95
中国種	289	24.5	7,081		
5 齢 日本種	253	133.0	33,649	70,967	80.69
中国種	253	147.5	37,318		
合 計		339.3	87,949	87,949	100.00

いま、乾物飼料 kg 当たりの湿体加工費を500円と想定すると、交雑原種の全齢飼育に要する飼料費は87,949円と試算された。また、各齢の飼育に必要な飼料費の構成比を求めると5齢が約80%、4齢が15%を占め、1～3齢に要する経費は5%程度であった。

共通試験の飼育成績並びに産卵成績から、交雑原種1箱を飼育することにより得られる蚕種の予想収量は約214箱となり、蚕種売り上げ代の総額は約85万8千円と計算された(第9表)。したがって、蚕種売り上げ代に占める飼料費の割合は約10.3%、正常卵蛾1蛾の生産に必要な飼料費は約11.8円と試算された。

しかし、上記の試算価格には飼料素材の粉体調製に要する経費、市況による価格変動、運賃などについては十分に考慮されていない、などの問題点が残されている。

第9表 蚕種製造における飼料費の試算

事 項	全齢をY-C飼料で飼育した場合の試算
1～5齢減蚕歩合 (%)	6.9
正常卵蛾歩合(対上簇蚕数) (%)	80.4
精選卵量(対基本蚕数) (g)	24.76
1g当たり卵数 (粒)	1,735
原蚕1箱より得られる蚕種量* (箱)	214.4
原蚕1箱より得られる蚕種代** (千円)	857.6
蚕種売り上げ代に占める飼料費の割合 (%)	10.26
正常卵蛾1蛾の生産に必要な飼料費 (円)	11.75

数値には共通試験の飼育成績および産卵成績の平均値を使用した。

\*蚕種：20,000粒/箱 \*\*蚕種代：4,000円/箱

## 摘 要

壮蚕用人工飼料の組成改善に当たり、既報のLP飼料で交雑原種を飼育し、その有用性を明らかにするとともに、LP法による新たな飼料組成の設計を試みた。また、得られた産卵成績等から全齢人工飼料育における経済性についても考察した。結果は次のとおりである。

(1) LP法により設計された既報のLP-4及びLP-7飼料は摂食性に劣り、そのままの組成では交雑原種の飼育には適さないことが明らかとなった。しかし、これらの飼料に10~20%の桑葉粉末を添加すると蚕の摂食性、繭の計量形質、産卵性は著しく向上した。

(2) 桑葉粉末を添加したLP飼料の飼育成績並びに産卵成績はLP-4が勝り、LP-7では桑葉粉末20%添加でも不産卵蛾や不受精卵蛾の発生が多くみられた。

(3) LP法による飼料組成の設計に必要な一般成分及びアミノ酸、無機物、ビタミン等の含量を測定し、導入が期待される各種飼料素材について栄養素に関するマトリックスを作成した。

(4) LP法を用いて桑葉粉末10%を含む壮蚕用飼料(LPY-5)を設計した。本飼料における各種栄養素の含量は制限条件を満たすものであり、飼料中の栄養素含量は計算値と分析値の間で良く一致した。しかし、一部のビタミンについては両者の値が一致しないものがあった。

(5) 本飼料の乾物価格は310円/kg程度と試算された。また、本飼料を用いた交雑原種の飼育成績並びに産卵成績は比較的良好であり、5齢用飼料として十分に利用が可能であると考えられた。

(6) 交雑原種1箱を全齢飼料育することに要する飼料費は87,949円と計算され、蚕種売り上げ代に占める飼料費の割合は約10.3%、正常卵蛾1蛾の生産に必要な飼料費は約11.8円と試算された。

## 引 用 文 献

- 1) 堀江保宏・山本尚義・柳川弘明・渡辺喜二郎・中曾根正一 1980. 線形計画法を利用したカイコの人工飼料組成設計の試み. 日蚕雑, 49:100~106.
- 2) 堀江保宏・渡辺喜二郎 1983. 線形計画法による家蚕人工飼料組成の設計とくに家畜飼料素材の導入について. 蚕試報, 29:259~283.
- 3) HORIE, Y., S. NAKASONE and K. WATANABE 1985. Daily ingestion and utilization of various kinds of nutrients by the silkworm, *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Appl. Ent. Zool., 20:159~172.
- 4) 日本標準飼料成分表 1980. 農林水産省農林水産技術会議事務局編.
- 5) 新村正純 1973. 畜産飼料原料および家畜飼料のカイコの人工飼料への適用. 農化, 47:251~257.
- 6) 飼料月報 1986. 農林水産省畜産局流通飼料課編. 日本飼料協会発行.
- 7) 滝沢寛三・新保博・木下伝一 1986. 原蚕人工飼料育における4・5齢期の給餌量について. 日蚕講要, 56:88.

- 8) 上田 悟・北沢敏男・滝澤寛三・野尻邦雄・加藤清正・柳川弘明・渡辺喜二郎・松田基一・須藤光正・竹田 敏・真野保久・久保村安衛 1988. 人工飼料による原蚕の飼育標準技術について. 蚕試彙, (132) : 199~220.
- 9) 柳川弘明・渡辺喜二郎・中村匡利 1988 a. 原蚕の稚蚕用飼料の改善. 蚕試彙, (132) : 27~47.
- 10) 柳川弘明・渡辺喜二郎・中村匡利 1988 b. 線形計画法による原蚕用人工飼料の組成設計. 蚕試報, 30 : 569~588.