

人工飼料養蚕の展望

蚕糸試験場 生理部長 伊 藤 智 夫

1. 人工飼料研究の沿革

人工飼料で蚕を飼うことはずっと以前から試みられてきているが、特に最近の人工飼料研究の内容は膨大なものとなっている。昭和の初期の頃では、例えば当時の満州産の大豆を蚕に利用するという発想に基づいて行なわれたこともあった。また、蚕の栄養化学的な発展を期待して、あるいは年間飼育して蚕種効果を挙げんとして、あるいは養蚕の工業化をめざさんとして、人工飼料問題が採りあげられた経緯があった。

昭和35年に人工飼料による蚕の全齡飼育を報ずる論文が公表されたこともあって、この年が現在の人工飼料研究の発展を招来したスタートの年のように言われているが、それ以前の研究の蓄積があったことは否定できない。この頃の人工飼料育の試みにおいては、人工飼料に課せられた目標は蚕の栄養研究の飛躍的前進にあるという点だけは、研究者の間ではほぼ共通していたようであるが、その中にあって、特に蚕の栄養要求の解析と桑葉葉質問題の解決への傾斜を強調するもの、桑生葉より優秀な飼料を作することを重視するもの、不時の災害における桑の代用ないし養蚕経営合理化を想定するものなど、いろいろな思惑があったのも事実である。

(1) 作柄安定の基本

養蚕作柄に影響する要因の主なるものは、養蚕を行なう立場からみれば、飼料と環境の二つであると考えられる。

研究者によっては、栄養、病気感染、飼育環境を挙げるものもあり、あるいは違作には蚕が病死する場合と繭が軽い場合とがあるので、一つには病気を防ぎ、さらに桑作りを良くすることの重要性を指摘するものもある。これらはそれぞれの要因の把握方の観点の違いに他ならないものと思う。しかし病気感染は広義の環境の問題として把握すればよいし、また栄養と飼料とは深い関連をもつというものの、作柄と関係するのは正常な栄養状態を維持するための飼料のあり方なのである。これ以外に、蚕品種や蚕種の良否も無視できないのである。

飼 料……桑作り（葉質、蚕の栄養）、給桑法、萎凋防止、齡期別の扱い、など。

環 境……温度、湿度、気流、明暗、病原の有無など。消毒、補温、気流調整、飼育施設その他。

(2) 従来の蚕の栄養学

従来は、蚕においては栄養の問題と飼料の問題とが混然としていた。蚕の栄養が論じられるときでも、桑葉葉質が中心問題となる場合が多かった。いわば、条件の異なる桑葉を用いた飼育試験を通じて、葉質問題が論じられていた。

桑葉の発育の違い、桑品種の違い、日照の程度、仕立法の違い、土質や施肥内容の違い、季節の違い、貯桑の有無、等々の条件が、桑葉成分に対していかに影響するか、あるいは桑葉成分の蚕による消化利用はどうであるか、蚕体内における物質代謝はどうなっているか、などの研究が主要なものであった。

しかし葉質問題は依然として未解決であった。春蚕期の葉質はなぜ良好なのか、なぜ夏秋蚕期

よりすぐれているか、という点への解明の努力も行なわれた。しかし蚕にとって真に必要な栄養成分は何なのか、蚕に対し何らかの成長促進因子が存在するのだろうか、に関しては、不明であった。

(3) 新しい蚕の栄養学の確立

蚕が成長し発育するためには、栄養素を摂取しなければならない。蚕にとって必要な栄養素の種類は何なのか、必要でない栄養素は何なのか、必要な量はどれだけか、などを明らかにすることを、栄養要求を解明すると言っている。栄養要求の解明のためには、まさに人工飼料の採用が必要であった。

一見したところ、昆虫には限られた食物しか摂っていない種類が多く、それでよく育つものだと思う。蚕は桑だけで育つし、モンシロチョウはキャベツを加害して成育する。あるいは、木材、羊毛、動物屍体を食物とするものもいる。1種の昆虫が何でも食べるという例は余り多くはなく、程度の違いはあるが、それぞれの昆虫の対象となる食物には限りがある。したがって人工飼料の調製も必ずしも容易ではなく、特に植物を加害する昆虫においてその調製が困難であった。

第1表は蚕の栄養要求を示したものであるが、蚕に必要な栄養素の種類は、他の昆虫の場合と非常によく似ているし、また一部を除いては、高等動物の栄養要求とも共通したところが多い。

第1表 蚕に必要な栄養素の主なるもの

(アミノ酸)	(脂 質)	(ビタミン)
アルギニン	ステロール	コ リ ン
ヒスチジン	{ β -シトステロール カンベステロール コレステロール スチグマステロール 植物より抽出した 粗ステロール	イノシトール
イソロイシン		ニコチン酸
ロイシン		パントテン酸
リ ジ ン		チアミン (B ₁)
メチオニン		リボフラビン (B ₂)
フェニルアラニン	脂 肪 酸	ピリドキシン (B ₆)
スレオニン		ビオチン
トリプトファン	{ リノール酸 リノレン酸	葉 酸
バ リ ン		アスコルビン酸 (C)
アスパラギン酸	(炭水化物)	(無 機 物)
グルタミン酸	蔗糖 (砂糖)	K, Mg, Mn,
プロリン (準必須)	ブドウ糖	Ca, Fe, P, Zn
	果 糖	

蚕が体内で多量の絹蛋白を合成する原因は、その食物たる桑と、桑を食べる蚕の両方の側にあると考えてよい。他の植物葉に比べて桑葉の蛋白含量は高いこと (25%以上) がその要因の一つであるが、桑葉を食害する昆虫が蚕なみの繭を作るということではなく、多量の絹蛋白を生合成するもう一つの要因が蚕の側にあることも明白である。

また、蚕の栄養要求を桑葉がよく満足しているという一つの例を、ビタミンについて示してみると第2表のようであり、桑葉には蚕の必要量が存在していることがわかる。その他の栄養成分についても同様であり、桑葉は蚕の栄養にとって有効なものであることが改めて認識される。

第2表 蚕のビタミン量的要求量と桑葉のビタミン含量との比較

ビ タ ミ ン	必 要 最 少 量 (mg/g 乾物)	桑 葉 中 含 量 (mg/g 乾物)
ビ オ チ ン	1	0.2—0.8
コ リ ン	750	930—1550
イノシトール	1000	4000
ナイアシン	20	69—99
パントテン酸	20	16—35
ピリドキシン	5	43—50
リボフラビン	5	13—21
チ ア ミ ン	0.5	6.7

栄養要求に関する知見は、従来なかった全く新しいものである。これにより、以後は蚕の栄養学と蚕の飼料学とを分離することができるようになった。ただし、両者が相互に密接に関連していることはもちろんである。

(4) 人工飼料による蚕飼育

第3表には、初めて全齢人工飼料育が行なわれたときの飼料組成を2例示した。飼育経過日数は著しく延長したし、減蚕も多く、繭は小さく、またときには5眠蚕の出現もあったが、とにかく全齢飼育に成功したわけである。このときの飼料の特徴は桑葉粉末を多量に含んでいたことである。また当時は蚕の栄養要求に関する知識が全く欠けており、いまでは当然加えておかねばならないはずの栄養素も加えられてはいなかった。

第3表 昭和35年の最初の全齢人工飼料育における飼料組成

添 加 物	添 加 量 (g)	添 加 物	添 加 量 (g)
桑 葉 粉 末	5.0	桑 葉 粉 末	5.0
澱 粉	1.5	バレイシヨ澱粉	1.5
蔗 糖	1.0	蔗 糖	2.0
キ ナ コ	1.0	生大豆粉末	1.5
脱脂凍豆腐	1.0		
防 腐 剤	添加		
蒸 溜 水	15ml	蒸 溜 水	15ml
福 田・松 田・須 藤 (1960)		伊 藤・田 中 (1960)	

飼料組成の改善は、一つには栄養要求の解明の進展に伴って、一つには試行錯誤の形をとりつつ積極的に進められた。最初の頃は人工飼料育の飼育成績をいかに桑葉育のそれに近づけるかに力点がおかれたが、現在では低価格で効率の高い飼料をめざす方向の努力が続けられている。

非常に多くの飼育試験も行なわれたし、現在では人工飼料育に何らの不安も感じない。ただし、人工飼料育における違作対策が講じられている限りのことであって、作柄安定の問題は桑葉育の場合と同様、慎重に対処する必要がある。

蚕の無菌飼育も人工飼料の開発があってはじめて成功した技術である。最初は、三角フラスコや試験管が、次いで大型のボックスやビニールアイソレーターが使用された。最近では部屋全体を無菌状態にし、飼育が行なわれている。無菌条件下では、蚕が病気にかかることがなく、また飼料が腐ることもなく、給餌回数も少なく、いわば無人的に飼育を行なうことができる。

(5) 人工飼料の実用化

人工飼料に関する研究のスタートにおいて、何か桑葉と違う別の飼料を開発してそれを実用化しようという意図よりも、葉質問題をさらに掘り下げるため、蚕の栄養を詳しく調べるためというような、むしろ研究問題として採り上げられたという経緯がある。生産者あるいは行政のサイドから、人工飼料開発の要請があったわけではなかった。

しかしながら基礎研究の進展に伴って、飼料そのものが改良され、飼育成績が向上してくるに及び、人工飼料実用化問題が正式に採り上げられることになった。この間の経緯はいろいろであったが、現在は少なくとも稚蚕人工飼料育の実用化が進められつつある。

7. 人工飼料の組成、改善、調製

(1) 人工飼料の種類

栄養試験に用いられたものまで含めると、いままでに何百種類、何千種類もの飼料が作られ、テストされてきている。その中で、桑葉粉末を含む人工飼料、桑葉粉末を含まない人工飼料という区別がなされてきたこともあるし、また桑葉粉末を含まない飼料は、準合成飼料と呼ばれてもいる。さらに、より純度の高い物質を含む場合に、合成飼料と言うこともあるし、窒素源がアミノ酸のみの場合では、アミノ酸飼料と呼ばれている。合成飼料やアミノ酸飼料は、主として栄養研究用のものであり、実用性を有してはいない。

ところで、人工飼料をどのように呼ぶか、区分するかは、重要な事柄ではない。要は、いかなる組成内容の飼料を準備するかであり、これは蚕の要求性に合致していなければならない。一般に、稚蚕期の飼料は蚕の食性を考慮して調合するのが望ましく、壮蚕期の飼料、とくに5齢期用飼料は絹糸腺の発達を考慮する必要がある。

すなわち、現状では稚蚕用飼料には、若干量の桑葉粉末を加える必要があるが、蚕の経過に伴ってその添加量をへらし、壮蚕用飼料には桑葉粉末を加えない代わりに、蛋白給源となる大豆粉末を多く加えるという考え方が妥当のようである。また第4表は1齢用、2—4齢用、5齢用の各々の準合成飼料の調製を試みたときの組成であり、この時の小規模飼育もうまくいったのであるが、ここでも成長に伴って蛋白給源が多く加えてある。とくに大豆には蚕の摂食阻害物質が含まれているので留意を要する。

各齢ごとに異なる組成の飼料を使うのか、大きく稚蚕用と壮蚕用とに分けるだけでよいのか、などは今後の検討事項であろう。第5表に示した組成は1—3齢用飼料の1例であり、第6表の組成は5齢用飼料の1例である。このいずれについても第4表の準合成飼料に比べると組成が簡

第4表 齢期別の準合成飼料

物 質	ス タ ー タ ー (1 齢用)	グ ロ ウ ア ー (2—4 齢用)	プ ロ デ ュ ー サ ー (5 齢用)
	(g)	(g)	(g)
バレイショ澱粉	10	10	10
蔗 糖	10	10	—
ブ ド ウ 糖	—	—	10
脱脂大豆粉末	30	40	60
大 豆 油	3	3	3
β -シトステロール	0.5	0.5	0.5
無機塩混合物	3.5	3.5	2.0
K_2HPO_4	1	1	—
アスコルビン酸	2	2	2
セルロース粉末	34	34	—
寒 天	15	15	5
ク エ ン 酸	0.5	0.5	0.5
ソ ル ビ ン 酸	0.2	0.2	0.2
モ リ ン	0.2	0.1	—
(合 計)	(109.9)	(119.8)	(105.2)
ビ タ ミ ン B群	添加	添加	添加
防 腐 剤	添加	添加	添加
蒸 溜 水	3ml	3ml	2.6ml

伊 藤 ら (1974)

第5表 用いた人工飼料の組成 (48共試飼料)

物 質	乾物飼料 (g)
乾燥桑葉粉末	25
澱粉 (トウモロコシ)	7.5
蔗 糖	8
脱脂大豆粉末	36
精製大豆油	1.5
大豆ステロール	0.2
無機塩混合物	3
セルロース粉末	15
寒 天	7.5
アスコルビン酸	1
ク エ ン 酸	4
(合 計)	(108.7)
ビ タ ミ ン B群	添加
防腐剤 (ソルビン酸, プロピオン酸, クロラムフェニコール)	添加
水 分	乾物飼料 1 に対し 2.57ml

蚕 糸 試 験 場 (1973)

第6表 実用的な壮蚕用飼料の1組成

原 料	添 加 量 (%)
脱 脂 大 豆 粉	35
トウモロコシ	59
無機塩混合物	1
大豆ステリン	0.3
ク エ ン 酸	1
ビ タ ミ ン C	2
ビタミンB群	0.4
プロピオン酸	1.5
クロラムフェニコール	0.01
(合 計)	(100.21)
水	2.33ml/g 乾物飼料

新 村 (1973)

略になっている。

蚕の人工飼料の蛋白源としては大豆が一般に用いられている。また大豆ステロール、大豆油も蚕にとって不可欠の成分である。わが国における消費大豆の大半は輸入にたよっているが、ここで蚕の人工飼料に必要な大豆の量を想定するため、二三の机上の計算を試みてみよう。

繭層1gを生産するのに必要な食下窒素量は、概数として、5齢期で400mgとする。

$$400(\text{mg}) \times 6.25 = 2.5(\text{g}) \cdots \cdots \text{食下蛋白量 (5 齢期)}$$

$$2.5(\text{g}) \div 2/5 = 6.25(\text{g}) \cdots \cdots \text{食下脱脂大豆粉末量 (5 齢期)}$$

$$6.25(\text{g}) \div 4/5 = 7.8125(\text{g}) \cdots \cdots \text{同上 (全 齢)}$$

$$7.8125(\text{g}) \times 1.3 \approx 10.16(\text{g}) \cdots \cdots \text{給餌脱脂大豆粉末量 (全 齢)}$$

すなわち、繭層1kgを生産するためには、約10kgの脱脂大豆粉末を必要とするし、繭層1kgは繭の約4.5kgに匹敵することも良く知られている。大豆の含油量は18~20%であり、大豆としての必要量もわかるはずである。なおこれは一つの計算であって、今後の検討に当たって、若干の変更のあることは予想される。稚蚕人工飼料育に必要なとされる大豆の量はわずかなものである。

最近では飼料のコストダウンの見地から、家畜用飼料原料を蚕の飼料へ直接加えることも試みられているし、また配合された家畜飼料そのものを蚕に食べさせることなども検討されている。

(2) 飼料の腐敗防止

人工飼料は水分に富んでもいるため、細菌、カビなどの培地となるおそれが極めて強い。腐敗した飼料を食べた蚕は確実に死亡するから、可能な限り腐敗防止の対策を講じる必要がある。この点は、直接飼料効果と結びつく事柄であるとともに、桑葉育では考えられなかったことである。最もしばしば遭遇するのは、乳酸菌による被害である。抗生物質、防腐剤などが加えられているが、絶対的なものではない。

(3) 飼料の物理性

飼料の水分率、飼料の硬さなどは、飼料価を左右する重要な要因である。これは飼料組成ごとに適正值を求める必要があるし、蚕の経過によっても若干異なっている。

(4) 幼若ホルモンの利用

5 齡の適切な時期に、1 回のみ幼若ホルモンを投与することにより、5 齡経過日数を1 日程度延長させ、繭の増収を期待することが可能である。これは人工飼料育のみでなく、桑葉育においても同じである。

第7表 幼若ホルモン添食と繭層重増加

試 験 区	幼若ホル モン有無	繭 層 重 (cg)	
		昭43, 晩秋	昭44, 春
全 齡 桑 葉	A	47.3 (100)	51.1 (100)
	B	54.5 (115)	54.1 (106)
1 齡人工飼料	A	47.5 (100)	46.7 (100)
2—5 齡桑葉	B	54.0 (114)	51.4 (110)
1—2 齡人工飼料	A	45.1 (100)	46.8 (100)
3—5 齡桑葉	B	50.7 (112)	51.6 (110)
1—3 齡人工飼料	A	43.5 (100)	47.0 (100)
4—5 齡桑葉	B	47.3 (109)	50.1 (107)
1—4 齡人工飼料	A	41.2 (100)	41.9 (100)
5 齡桑葉	B	45.7 (111)	44.6 (106)
全 齡人工飼料	A	—	38.8 (100)
	B	—	43.4 (112)

Aは無添加, Bは添加 (5 齡72時間目に1 回のみ)

伊 藤 ら (1975)

(5) 飼 料 の 調 製

飼料調製の工程は従来の養蚕にはなかった新しい領域である。それは飼料原料の購入と粉碎から始まるが、家畜の場合と異なるのは、蚕では水分を加えて十分に練り、それを蒸煮することである。蒸煮は飼料原料に混入する各種雑菌の滅菌をも兼ねている。また蒸煮後は速やかに冷却する必要があるし、その間、真空包装する場合もある。大量に行なう場合は、一定の大型設備が不可欠である。

桑葉粉末の調製は注意して行なわないと、使用して作柄にマイナスの影響を及ぼすことがある。調製した桑葉粉末の貯蔵も、留意して行なう必要がある。

調製ずみの飼料を注意して保存しておけばかなり長期間の貯蔵が可能である。温度と光線の影響が大きい。また飼料調製中および貯蔵期間中に、ビタミンCなどの一部は破壊されるので、注意を要する。

飼料調製に係わる作業を、誰がどこで行なうかは、飼料の流通問題の一部をなす事柄でもあるし、今後の検討が必要である。

3. 人工飼料育技術の確立

(1) 温度

一般に、人工飼料育の場合の飼育適温は桑葉育の場合に比べて高いことが判明している。1—3 齡期についてみるならば、高温のほうが経過が短くなり、かつ体重は重くなる傾向が著しく、28°C よりも 31°C のほうがずっと良い結果である（第 8 表）。

第 8 表 人工飼料育における稚蚕飼育温度の影響

飼育温度 °C	1～3 齡経過日数 日 時	3 眠蚕体重 mg	
25	13 . 2	144	高 宮
28	11 . 4	167	中 島
31	10 . 16	230	(1970)
20	28	128	鷺田ら
25	15	145	(1971)
30	13	166	

第 9 表 人工飼料育と桑葉育における 4 齡期飼育温度の影響の比較

蚕 品 種	飼 料	温度	4 齡経過時間	4 眠蚕体重
日 124 号 × 支 124 号	人工飼料	24°C	139 (100)	855mg (100)
		28	119 (86)	923" (108)
	桑 葉	24	120 (100)	982" (100)
		28	94 (78)	960" (98)
支 124 号 × 日 124 号	人工飼料	24	137 (100)	836mg (100)
		28	112 (82)	963" (115)
	桑 葉	24	119 (100)	960" (100)
		28	94 (79)	974" (101)
日 124 号	人工飼料	24	173 (100)	710mg (100)
		28	158 (91)	776" (109)
	桑 葉	24	148 (100)	970" (100)
		28	112 (76)	940" (97)
支 124 号	人工飼料	24	124 (100)	770mg (100)
		28	99 (80)	925" (121)
	桑 葉	24	125 (100)	856" (100)
		28	100 (80)	884" (103)

カッコ内の数字は指数
高 宮・中 島 (1970)

また4齡期についても、人工飼料育においては高温区のほうが体重増加度が著しく大であり（第9表）、この点は桑葉育の場合とかなり異なっている。桑葉育では牡蚕期は4—5齡期を指すが、この飼育温度のみでなく、その他の条件に関しても、人工飼料育においては4齡期はどちらかといえば稚蚕期に準じた取扱いをしたほうがよいようである。

第10表には、低温区（1—4齡25°C、5齡24°C）と高温区（1—2齡31°C、3—4齡28°C、5齡24°C）で全齡人工飼料育を行なった成績を示した。全齡経過については人工飼料育が桑葉育に比してかなり遅れたものの、高温育で経過が短縮するとともに、繭重、繭層重はかなり大きい値がえられている。その増加の程度は桑葉育に比して著しく大であった。このような人工飼料育における温度の影響は重視する必要があるし、低温区と高温区とで繭層重が25%も異なるということは、全く別の飼料を使ったのではないかと疑わせるほどである。

また、原種に関しては温度の影響がより明瞭に現われていた（第10表）。

第10表 低温および高温において全齡人工飼料育および桑葉育を行なった場合の育成成績

蚕 品 種	飼 料	飼育温度	全齡経過 (時)	(指数)	繭 重 (g)	繭層重 (cg)	(指数)
日 124 号 × 支 124 号	人工飼料	低	642	(100)	1.59	34.9	(100)
		高	569	(87)	1.94	43.6	(125)
	桑 葉	低	549	(100)	1.93	45.9	(100)
		高	461	(84)	2.11	48.5	(106)
支 124 号 × 日 124 号	人工飼料	低	650	(100)	1.63	35.0	(100)
		高	570	(88)	1.92	43.8	(125)
	桑 葉	低	539	(100)	2.01	47.8	(100)
		高	461	(86)	2.05	48.6	(102)
日 124 号	人工飼料	低	744	(100)	0.98	16.0	(100)
		高	704	(95)	1.11	21.3	(133)
	桑 葉	低	605	(100)	1.40	30.7	(100)
		高	525	(87)	1.33	26.8	(87)
支 124 号	人工飼料	低	664	(100)	1.55	33.3	(100)
		高	567	(85)	1.54	31.5	(95)
	桑 葉	低	573	(100)	1.27	29.0	(100)
		高	545	(95)	1.12	23.0	(79)

用いた人工飼料は桑葉粉末を50%含むものである。

繭重、繭層重、繭層歩合は雌雄の平均値。

低温区（1—4齡25°C、5齡24°C）

高温区（1—2齡31°C、3—4齡28°C、5齡24°C）

高宮・中島（1970）

(2) 光 線 (明 暗)

人工飼料育においては、光線の影響も、桑葉育におけるより、蚕に対し鋭敏に現われている。一例を示すと、全齡飼育において、すべて明条件下で飼育した場合、経過が23日1時間、繭重1.98g、繭層重40.1cgであったが、すべて暗条件下で飼育した場合、経過が21日11時間、繭重1.72g、繭層重32.3cgという結果が示されている。また幼虫期の明暗の長短の程度によって3眠蚕の出現することもあるし、化性の変化すること（生種になる）も知られている。

(3) 湿 度 と 気 流

人工飼料育における飼育環境の中で湿度の影響は、飼料の乾燥の遅速に係わりあっている。乾燥が進むと蚕児の摂食量が低下する。飼育室の湿度と気流との間には興味ある関係がみられる（第11表）。湿度の高いほうが、また風速の弱いほうが、蚕の体重は大きい。人工飼料の水分含量と風速と成長との間にも相互に関連がある。これらの問題は、人工飼料蚕室の設計や飼育場所の選定に際して、考慮すべき事柄である。

第11表 湿度と気流の相互作用と眠蚕体重

齢 期	湿 度	気 流 cm/sec			平均体重
		0	5	10	
1 齡	%RH	mg	mg	mg	mg
	7 5	6.31	5.81	5.17	5.76
	8 5	6.44	6.09	5.87	6.13
	9 5	6.99	6.48	6.55	6.69
	平均体重	6.58	6.13	5.86	
2 齡	7 5	30.8	30.0	28.6	29.8
	8 5	34.3	32.1	31.6	32.7
	9 5	35.7	33.8	33.6	34.4
	平均体重	33.6	32.0	31.3	

高 橋・上 田 (1975)

(4) 清 浄 育

蚕の病気を防ぎ、飼料の腐敗を阻止するためには、無菌飼育を行なう以外にはない。実際問題としては無菌に近い条件を保つという見地から、前々より清浄育の必要性を強調してきた。抗生物質や防腐剤の添加と、清浄環境の保持とが相まって、作柄安定につながる。

一般に行なう消毒以外に、空調機に除菌装置をつけること、飼育室への入室禁止、飼育担当者の留意事項の厳守、小蚕具類の常時消毒などは必須の事柄である。病原菌搬入の最大の犯人は人間である。

(5) 標準飼育技術体系

第12表には稚蚕飼育標準表を示したが、その2では、1齡と2齡はそれぞれ1回給餌、3齡

は2回給餌というところまで省力化されている。標準表は、飼料により、蚕品種により若干内容が異なるものと思われる。

第12表 稚蚕飼育標準表 2 例

その1 (0.25箱当たり, 各蚕期共通)

齢別	温湿度	日順	給 餌 時 刻	作 業	蚕座面積	給 餌 量		備 考			
						1 回	齢 中				
1 齢	28℃ 85% 75%	1	14時 (20～22)	掃 立	35×35cm ²	300g	300g	防乾紙をかける 1～3 齢をとおして、給餌 板 F を用いる 催眠期に防乾紙をとる (餉食適期)			
		2									
		3									
		4									
		5									
2 齢	28℃ 80% 70%	6	9 16	餉 食 給 餌	55×55	450 450	900	防乾紙をかける 催眠期に防乾紙をとる			
		7									
		8									
		9									
3 齢	28℃ 80% 70%	10	9	分 箔 食	55×55 2 箔	750×2	2,800	防乾紙をかける 催眠期に防乾紙をとる			
		11									
		12	9	給 餌		650×2					
		13									
								合計	4,000		

その2 (0.25箱当たり, 各蚕期共通)

齢別	温湿度	日順	給 餌 時 刻	作 業	蚕座面積	給 餌 量		備 考			
						1 回	齢 中				
1 齢	28℃ 85% 75%	1	14時 (20～22)	掃 立	35×35cm²	300g	300g	防乾紙をかける 1～3 齢をとおして、給餌 板 F を用いる 催眠期に防乾紙をとる (餉食適期)			
		2									
		3									
		4									
		5									
2 齢	28℃ 85% 70%	6	9	餉 食	55×55	750	750	防乾紙をかける 催眠期に防乾紙をとる			
		7									
		8									
		9									
3 齢	28℃ 80% 70%	10	9	分 箔 餉 食	55×55 2 箔	750×2	2,800	防乾紙をかける 催眠期に防乾紙をとる			
		11									
		12	9	給 餌		650×2					
		13									
								合計	3,850		

(水 田 ら, 1975)

(6) 蚕 品 種

原蚕の場合は人工飼料に対する適性に大きい違いがあるが、交雑種ではあまり大きい違いはなく、良好な飼料であれば、まずどの交雑種でも飼育が可能である。しかし、特定の品種用の人工飼料という考え方も残されている。

4. 人工飼料による飼育成績と繭質

(1) 稚蚕人工飼料育・壮蚕桑葉育

この飼育型式については、今まで数多くの実施例が示されており、最初は小規模であったが、今では実証事業におけるように、100箱の単位で飼育試験が行なわれている。飼料組成の改善も進んだし、飼育法もいろいろ検討された今日、稚蚕人工飼料育にはほとんど問題がなく、ただ稚蚕経過日数が延び、かつ体重の増加度が若干低いことが指摘されている。

第13表 稚蚕（1～3 齢）人工飼料育・壮蚕桑葉育の成績（昭和48年）（8カ所の平均）

蚕 品 種	稚蚕飼料	毛振るい	経 過 日 数			減 蚕 歩 合	
			1～3 齢	4～5 齢	全 齢	1～3 齢	4～5 齢 と 繭 中
日 134 号 × (春) 支 135 号	人工飼料	良	日 時 14.09	日 時 15.03	日 時 29.12	% 2.6	% 4.5
	桑 葉	良	10.22	15.09	26.07	4.0	4.2
日 124 号 × (夏) 支 124 号	人工飼料	良	12.07	11.05	23.12	2.3	6.8
	桑 葉	良	10.00	11.07	21.07	3.5	5.6

3 眠蚕体重 (100頭)	4 齢起蚕 のそろい	1 万頭収繭量 (掃立)	繭 重	繭 層 重	繭層歩合	繭 糸 長	繭 糸 量
g	%	kg	g	cg	%	m	cg
15.7	96.5	17.6	1.99	45.3	22.8	1,207	37.2
19.5	98.8	18.5	2.09	50.3	24.1	1,279	42.2
14.6	96.7	13.3	1.56	34.1	21.7	1,075	27.8
17.2	99.2	14.4	1.66	36.2	21.8	1,114	29.3

繭 糸 纖 度	解 じ ゃ 率	生 糸 量 歩 合	小 節 点
d	%	%	点
2.82	8 1	18.89	96.1
3.01	7 6	20.20	95.1
2.34	7 4	17.88	95.2
2.40	7 4	17.78	95.0

第14表 人工飼料育区と桑葉育区の各成績の有意差の検定

項 目	春 蚕 期	夏 蚕 期
1—3 齡経過日数	* *	* *
4—5 齡 "	—	—
全 齡 "	* *	*
減 蚕 歩 合	—	—
3 眠 蚕 体 重	* *	* *
4 齡起蚕の斉否度	—	—
1万頭取繭量	—	—
化 蛹 歩 合	—	—
繭 重	—	—
繭 層 重	*	—
繭 層 歩 合	* *	—
1 ℓ 粒 数	—	—
繭 糸 長	—	—
繭 糸 量	* *	—
繭 糸 織 度	* *	—
解 舒 率	—	—
生 糸 量 歩 合	* *	—
小 節 点	—	—

** 1%の危険率の有意差。 * 5%の危険率の有意差。 — 有意差なし。

昭和48年度において、7県（農林蚕試・東北支場においても）で共通的に、稚蚕人工飼料育・壮蚕桑葉育が実施され（第5表の組成が採用された）、その時の飼育成績と繭調査成績とは第13表のようであった。また第14表には、その成績と、全齡桑葉育の成績とを比較した検定結果を示した。

蛇足であるが、飼料改善はその後も急速に進められており、その進歩の度が著しいことを付け加えておく。

(2) 全齡人工飼料育

実験室的レベルの飼育は繰返し実施されており、良好な結果がえられている。全齡人工飼料育の場合のメリットがどこにあるかについては、今後急ぎ明らかにする必要がある。

(3) 繭質と飼料のアミノ酸

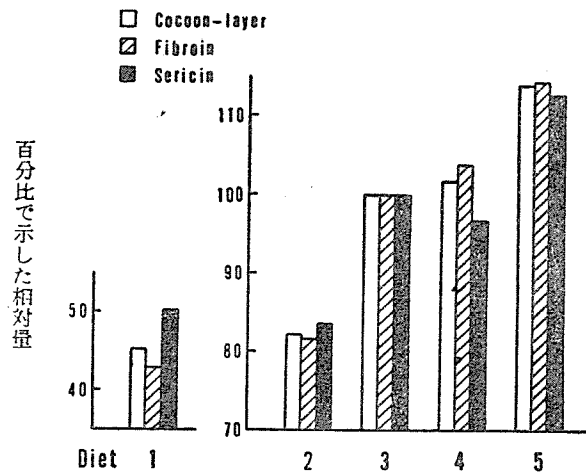
蚕1頭が生産する絹糸の量が5齡期の飼料のアミノ酸の量と種類でいかに影響をうけるかが明らかにされている。この試験では、次の9種類のアミノ酸飼料が用いられた。

- i) アミノ酸混合物（18種）、10%
- ii) 同、15%
- iii) 同、20%
- iv) 同、25%
- v) 同、30%（以上5区が1組）

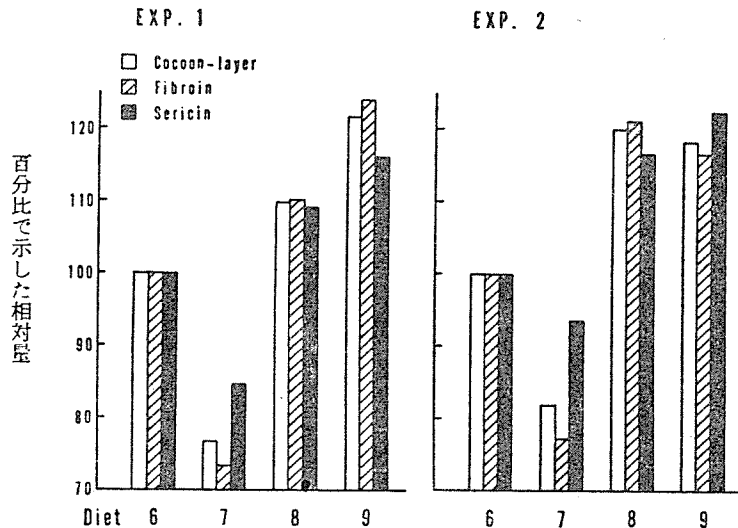
- vi) アミノ酸混合物, 20 %
- vii) 10 種類の必須アミノ酸のみを 1.5 倍とし, 他はそのまま。
- viii) 5 種類の非必須アミノ酸のみを 1.5 倍とし, 他はそのまま。
- ix) アスパラギン酸とグルタミン酸のみを 1.5 倍とし, 他はそのまま。(以上 4 区が別の 1 組)

結果は第 1 図に示すとおりであり, 飼料のアミノ酸組成(量, 質)が繭層重に影響するのみでなく, 繭層練減率にも大きく影響することが明白である。飼料の蛋白量が繭生産と関連することは言うまでもない。

第 1 図 繭質に及ぼす飼料アミノ酸



アミノ酸添加量を変えた場合における乾燥繭層, フィブロイン, セリシンの相対量



必須, 非必須, または酸性アミノ酸増量の場合における乾燥繭層, フィブロイン, セリシンの相対量

伊藤ら (1967)

(4) 人工飼料育による繭糸の性状

全齡人工飼料育でえられた繭のフィブロインのアミノ酸組成を調べた成績を2例ほど示したが(第15表, 第16表), いずれも全齡桑葉育との間に差は認められなかった。

また全齡人工飼料育においてえられた繭の生糸調査成績(第17表)では, 桑葉育でえられたものに比べてもほとんどそんな色がなかった。

第15表 人工飼料育蚕の繭のフィブロインのアミノ酸組成(その1)

アミノ酸	桑葉育	人工飼料育	
		非無菌	無菌
アラニン	3759	3250	3240
アルギニン	64	50	70
アスパラギン酸	187	160	170
グルタミン酸	147	100	120
グリシン	5462	4640	4910
ヒスチジン	25	20	30
イソロイシン	65	70	70
ロイシン	63	60	60
リジン	99	70	80
メチオニン	12	0	0
フェニルアラニン	81	80	70
プロリン	40	0	0
セリン	1352	1080	1130
スレオニン	125	90	90
チロシン	606	510	530
バリン	268	210	230
NH ₃	202	290	310

単位は g 当たりの μ モル。

林屋ら (1964)

第16表 人工飼料育蚕の繭のフィブロインのアミノ酸組成（その2）

アミノ酸	人 工 飼 料 育					* 桑 葉 育
	準合成 (1962)	準合成 (1964)	1-4 齡・準合成 5 齡・10 % (1964)	1-4 齡・準合成 5 齡・50 % (1964)	桑葉粉末 50 % (1964)	
アラニン	32.50	32.00	31.70	31.50	32.60	32.40
アルギニン	1.04	1.05	0.98	1.00	0.99	0.90
アスパラギン酸	1.70	1.73	1.71	1.72	1.70	1.73
シスチン	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
グルタミン酸	1.80	1.70	1.78	1.85	1.86	1.74
グリシン	42.20	42.00	42.80	41.20	42.00	42.80
ヒスチジン	0.41	0.44	0.39	0.35	0.49	0.32
イソロイシン	0.89	0.98	0.97	0.89	0.88	0.87
ロイシン	0.70	0.75	0.71	0.74	0.71	0.68
リジン	0.46	0.47	0.42	0.49	0.47	0.45
メチオニン	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.10
フェニルアラニン	1.20	1.21	1.25	1.21	1.26	1.15
プロリン	0.65	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63
セリン	14.70	15.00	14.80	14.90	14.60	14.70
スレオニン	1.10	1.13	1.15	1.16	1.15	1.15
トリプトファン	0.35	0.33	0.33	0.33	0.35	0.36
チロシン	11.00	10.50	11.30	11.20	11.00	11.80
バリン	2.96	3.01	3.03	3.03	3.02	3.03
	a	b	c	d	e	f

単位は %。 1964 年の分析。

* 桐村 (1962) による。その他は、伊藤 (未発表)

アミノ酸パターンの類似率

比 較	類 似 率
6 対 1	0.9999
6 " 2	0.9997
6 " 3	0.9999
6 " 4	0.9999
6 " 5	0.9999

第17表 全齡人工飼料育の繭の生糸調査

練	減 (生 糸)	20.97 %
節		93.5 点
強	力 (生 糸)	3.85 g/d
伸	度 (")	24.87 %
ヤ	ン グ 率 (")	107.38 g/d
強	力 (練 糸)	4.6 g/d
伸	度 (")	19.60 %
ヤ	ン グ 率 (")	99.4 g/d
生 糸 織 度		20.60 d
織 度 偏 差		1.41

蚕試・絹繊維部 (1970年)
清水・伊藤 (1973) 参照。

5. 今後の問題点

昭和49年度より、農林省農蚕園芸局では「稚蚕人工飼料飼育実証事業」を実施することになった。その趣旨によると、最近開発された人工飼料による稚蚕飼育技術は、繭生産の近代化、合理化を図るための革新的な技術であるが、これを稚蚕飼育所などの現場に即応した稚蚕共同飼育技術として普及するためには、大規模な飼育技術体系などの実証を行なう必要がある、とされている。49, 50年度の事業として7県が、50, 51年度の事業としてさらに6県が、実施対象として選ばれた。この先発県における成績の検討もすでにすんでおり、良好な成績であった。

また稚蚕人工飼料飼育の実用化を円滑に進めるために、実用化調査研究会が設置され、当面解決を図るなり、適切な対策を講じておくりする必要がある事柄が検討され、次に示すような答申が提出されている。

稚蚕人工飼料飼育実用化にともなう諸問題に関する
検討結果について

昭和50年3月12日

人工飼料飼育実用化調査研究会

1. 蚕の人工飼料飼育は繭生産の近代化、合理化をはかる革新的な技術であり、近い将来稚蚕人工飼料飼育が実用化される見込みであるが、その取扱いに関しては慎重に対処する必要がある。

人工飼料飼育実用化調査研究会は、和昭49年7月以来、農林省農蚕園芸局の委嘱をうけて、稚蚕の人工飼料飼育の実用化に関連して派生する次の諸問題についての意見をとりまとめるため、検討を行なうこととした。

- (1) 人工飼料の取扱いについて

- (2) 人工飼料飼育の標準技術について
 - (3) 人工飼料飼育の推進について
 - (4) 人工飼料飼育用の蚕品種について
 - (5) そ の 他
2. 当研究会は、上記検討事項のうち、農林省が早期に結論を得たいという、次の2事項について、昭和49年7月16日、9月25日、12月5日及び50年3月12日の4回、検討を行なった。その結果は次のとおりである。
- (1) 人工飼料の取扱いについて
- 人工飼料は製造業者ごとにその製造方法、組成、物理性等に特色があり、とくに摂食の良否が蚕の発育に著しい影響をもつものである。
- しかしながら、人工飼料は外觀上、その品質を識別することが著しく困難であり、品質の悪い人工飼料が使用される場合には、蚕作を不良にし養蚕経営を不安定にするおそれがある。従って、人工飼料の製造、販売については、何らかの規制措置を講ずる必要がある。
- すなわち、人工飼料については、登録制度のようなものによりその品質を保証する必要があるが、この場合、
- ① 公定規格を設定すべきであるとの考えもあるが、現段階においては、なお、適正な規格をつくることは困難と思われるので、今後の検討にまつべきものとする。
 - ② 人工飼料の品質、使用方法について養蚕農家が的確には握しうるように組成、成分、使用方法等について表示義務を課する必要がある。
- その表示の内容については、さらに検討が必要である。
- ③ 公的機関により統一的な試験方法によって飼育試験をすることが前提となるが、この公的機関としては国または府県の試験研究機関等が望ましい。
- (2) 人工飼料飼育用蚕品種について
- 蚕品種には人工飼料になじみ易いもの、なじみ難いものがあるので、稚蚕人工飼料飼育の実用化にあたっては、蚕品種（蚕糸業法第8条の規定に基づく交配形式をいう。）について、「人工飼料になじむ」「人工飼料になじまぬ」のコメントを付ける必要がある。

稚蚕人工飼料飼育実用化に伴う諸問題に関する
検討結果について

昭和51年3月25日

人工飼料飼育実用化調査研究会

人工飼料飼育実用化調査研究会は、昭和49年7月以来、農林省農蚕園芸局長の委嘱をうけて、稚蚕の人工飼料飼育の実用化に関連して派生する諸問題について検討し、昭和50年3月に人工飼料の取扱い及び人工飼料飼育用蚕品種についての検討結果を中間報告した。

昭和50年度においては、人工飼料の取扱いに関する具体策を検討するとともに、稚蚕人工飼料飼育の推進について、昭和50年5月28日、10月23日、12月17日及び昭和51年3月25日の4回にわたって、検討を行うとともに、初秋蚕期及び晩秋蚕期に稚蚕人工飼料飼育実証事業の現地調査を行った。

その検討結果は次のとおりである。

1. 人工飼料の具体的取扱いについて

蚕の人工飼料の品質を保証することについては、登録制度またはこれに準ずるものにより実施する必要があるということについては、異議がなかった。

ただ、この場合に適正な公定規格を設定することは、現段階では極めて困難であるので公的試験研究機関による飼育試験を軸として上記のような制度を考えるべきである、とする意見であった。

しかしながら、その具体的な実施において生ずる諸問題については、今後、更に検討を続けるべきであると考ええる。

なお、人工飼料については少くとも組成、成分、使用方法などを表示させる必要がある。

2. 稚蚕人工飼料飼育の推進について

稚蚕人工飼料飼育の実用化については、49年度以降実施している稚蚕人工飼料飼育実証事業を慎重に検討した結果、桑葉育移行後の飼育技術、給餌機の機構等について、なお若干改善すべき余地があるが、かなりの成果がみとめられた。

よって今後、早急に問題点の解決をはかりつつ稚蚕人工飼料飼育の長所を生かして、漸新的に実用化を進めることが望ましいと考えられるので、試験研究機関の意見、養蚕農家の意向等も配慮しながら、昭和52年度より、まず蚕業試験場、蚕業技術指導所職員等の濃密指導が可能である特定の地域を対象として実用的規模による先行的な事業を進めることが適切であると考ええる。

また、これと併行して、一般的な普及に備えて、公的試験研究機関による飼育試験実施のための受け入れ体制及び嘱託蚕業普及員の研修を含む濃密指導組織の確立、流通飼料の検査体制、並びに人工飼料の流通機構の整備等の措置を逐次講じていくことを考えておく必要がある。

この答申をうけ、昭和51年度においては、人工飼料の品質保障のための飼育試験を、飼料メーカー製造の飼料について実施しているし、また蚕品種人工飼料適合性調査を行なっている。さらに昭和52年度においては、濃密指導の可能な特定地域を対象として……という答申をうけ、稚蚕飼育のパイロット的な事業を推進することが考えられている。

以上のような行政サイドの的確な対応と同時に、人工飼料育の技術にかかわる諸問題に対しては、試験研究機関においても、従来以上に適切な対処が必要であることは言うまでもない。従来の養蚕や製糸の学問分野のみではなく、関連領域の協力をえつつ、繭生産の新しい姿を早急に作り上げなければならないと考えている。