蚕の人工飼料による大量飼育に関する研究

誌名	蠶絲試驗場彙報
ISSN	03853594
著者名	清水,正徳 伊藤,智夫
発行元	農林省蠶絲試驗場
巻/号	96号
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	1973年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

蚕の人工飼料による大量飼育に関する研究

清水　正徳*・伊藤　智夫**

本研究は農林省試験研究事務処理規程第4条に規定された特別研究（新技術開発特別研究）として，研究年次昭和44年～46年の3カ年間に実施された（担当場所，蚕糸試験場；主査，同場長；副主査，同生理部長）．本研究成果の概要は，昭和44年度，同45年度，同46年度の「特別研究成果の概要」（農林水産技術会議事務局連絡調整課）に報告されているが，研究結果の詳細に関しては蚕糸試験場の刊行物その他に順次報告される．人工飼料に関する研究はその後も引続き実施しているが，本報告は今回の研究の目的，計画の概要，ならびに3年間に得られた研究結果の概要を総括したものである．

この研究を実施するに当たり，農林水産技術会議の担当官をはじめ，当場の企画連絡室，各部，各支場，各試験所の多くの方々のご援助があった．またとくに企画連絡室長福田紀文博士からは本研究の設定，計画立案，実施に際し多くの有益な示唆をいただいた．これらの方々に対し厚くお礼を申し述べる次第である．

研究の目的

昭和35年桑葉粉末を主体とした人工飼料による蚕の全齢飼育が，実験的に成功して以来，蚕の栄養要求や栄養生理について多くの知見が得られた．これに伴い人工飼料の組成改善も進み，今日では桑葉粉末を含む人工飼料による小規模な飼育では桑生葉育にほぼ近い飼育成績を収めうる実験事例が多くなった．しかし飼育量を大きくするとしばしば蚕作は不安定となる．これは飼育中における飼料の腐敗ならびにそれによる第二次的な蚕消化管内における細菌の異常繁殖が主な原因と考えられ，飼料組成の改良とともに飼料の腐敗防止の対策の確立が重要となっている．

また人工飼料による蚕の飼育において，規模を拡大しようとする場合，飼料調製と蚕飼育の両面において労働ピークの出現が予想されるので，飼料調製の簡易化および人工飼料による省力的な飼育体系を確立することが必要である．

また，すでに蚕を無菌的に飼育することが実験的に可能であり，この方法では，上記の飼料腐敗もなく，また飼料給与労力も節減できるが，この飼育形式では施設に多額の費用を必要とする．したがって，人工飼料による効率的な大量飼育を実現するためには，無菌飼育の手法を応用し，無人清浄飼育の可能性およびその実現化条件を解明することが必要である．

以上のように，本研究では人工飼料に残された問題点をさらに摘出整理するとともに，

* 主査，** 副主査

その基礎的な面の解決をはかり，さらに生産技術として開発を行ない，実用化の可能性を検討しようとするものであり，達成しようとする成果は大別して次の三項目とした．

(1) 人工飼料の組成改善による蚕作安定化，飼料効率とくに絹生産効率の向上
(2) 人工飼料による稚蚕および全齢大量飼育の標準的飼育法の確立
(3) 人工飼料に適した蚕品種の選定

研究計画の概要

蚕糸試験場における生理部，養蚕部（ただし昭和44年度のみ），化学部，東北支場の各研究室が分担して実施した．年次別にみた研究項目と担当研究室はつぎのようである．

研究項目	年次計画			担当部・室名
	44年度	45年度	46年度	
1. 人工飼料の改善				
(1) 組成改善	○	○	○	生理部栄養生理研究室，化学部副産物利用研究室
(2) 防腐剤の開発	○	○	○	化学部蚕化学研究室
(3) 飼料効率増進	○	○	○	生理部栄養生理研究室，化学部アイソトープ研究室
2. 飼育法の改善				
(1) 飼育環境	○	○	○	養蚕部飼育法第2研究室（44年度のみ） 化学部蚕化学研究室，東北支場（45年度より）
(2) 機械化	○	○	○	化学部蚕化学研究室
(3) 大量飼育	○	○	○	東北支場
3. 人工飼料に適した蚕品種の選定				
(1) 品種の選定		○	○	東北支場，（養蚕部飼育法第2研究室）

注．本研究の効率的推進をはかるため，45年度より担当場所を一部変更した．

結果の概要

1. 組成改善

本研究においては，最初から乾燥桑葉粉末の一定量を含んだ人工飼料を対象として実施したため，桑葉粉末を全乾物重の約25%ほど含む飼料の組成改善ならびに好ましい飼料組成の在り方について解明を試みた．

人工飼料の組成改善については今後も引き続き実施されるべきものであるが，当面ほぼ満足できる飼育成績のえられるような安定飼料を目標とした．飼料組成としては，桑葉粉末（約25%）のほかに，澱粉，糖，脱脂大豆粉末，ステロール，大豆油，無機塩，セルロース，ビタミンB群，ビタミンC，くえん酸，ソルビン酸，抗生物質，寒天からなるものであった．このような組成の人工飼料による10万頭程度の飼育では，実用的にみてもかなり良好な成績が得られた．

人工飼料の価格に関与する要因は多く，その想定を行なうことは容易ではない．しかし今回はこの点をも考慮しつつ，高価な飼料添加物の一部を除去しうる限界ならびにそれを安価な他物質で置きかえることも試みた．例えば，家畜用飼料に用いている穀類，ビタミンなどは蚕の飼料に使用できること，ステロールやセルロース粉末は精製度の低いものの使用が可能であることなどが判明した．また寒天を全く加えない飼料を作り出すこともできた．

稚蚕用および壮蚕用と発育段階に応じ飼料組成を変えることが好ましいことも判明した．とくに壮蚕用飼料につき，飼料添加物質の相対的な量と繭質との関係を調査し，組成改善に関する多くの知見をうることができた．5齢蚕用にいわゆる高蛋白で低カロリーの飼料を使用することが，繭生産上有効であること，また5齢期間中に大豆粉末の多い飼料へ切り替えるのには適当な時期があることも明らかになった．ただしかなり改良された飼料においても蚕品種間で成長の良否の差はなおかなり認められた．

飼料中の水分添加量の多少が蚕の成長に影響することはすでによく知られているが，飼料水分量と蚕体水分量との関係を明らかにすることにより，飼料の至適水分量を求めるとともに，水分の役割についての知見もえられた．

人工飼料へ添加する桑葉粉末がいかなる肥培条件の桑樹からの桑葉で作られたかは飼料効果の大小と関係があり，したがって桑葉分析の実施とともにとくに施肥条件（なかんずく三要素肥料）との関係が明らかにされた．各種条件の桑葉と，アミノ酸，有機酸，各種形態の窒素，アスコルビン酸，クロロゲン酸などとの量的関係が明らかにされた．

2.　防腐剤の開発

蚕の人工飼料には多量の水分が含まれておりその腐敗防止はとくに大切である．したがって蚕の生理にとり有害でない防腐剤の開発はきわめて重要である．

まず人工飼料の主要な腐敗菌の検索を行ない，数種の主働菌を明らかにすることができた．各種防腐剤を人工飼料に加え，繰り返し選抜を行なった結果，腐敗菌に対し有効でかつ毒性の少ない物質として，ソルビン酸，アクリル酸，サルチル酸，ベンゾイル・エタノールアミノプロピオン酸を抽出できた．またこれら4物質を併用する場合の適当な混合比についても明らかにした．

また各種抗生物質の防腐効果を調べ，主な腐敗菌に対しては，ペニシリン，ロイコマイシン，テラマイシン，エリスロマイシン，ストレプトマイシン，マイトマイシン，その他が有効であることが判明した．

なお各種の防腐効果をもつ物質の添加により，比較的清浄な飼育環境下では給餌回数を少なくすることが可能となったが，汚染度の高い飼育室では飼料の安定性の保障は困難であった．

3.　飼料効率増進

飼料効率の増大には多くの要因が考えられるが，当面一定量の飼料摂取による最大の繭生産をあげることを目標とした．これには飼料組成の改善それ自体に負うところが多いが，とくに飼料の利用効率および飼料の経済性を考慮しつつ実施した．

5齢期における蛋白質（大豆蛋白）の消化・利用を中心に飼料効率をみると，人工飼料は桑葉に比べ必ずしも劣らないことが判明した．また消化した蛋白質が繭へ留存する割合

も桑葉育に比べ決して劣らないことも明らかになった　5齢期における雌雄間の効率の違い，人工飼料に加える桑葉粉末量の多少による効率の違いも明らかにされた．また蚕が正常に成長しかつ一定量の繭がえられるためには，いかなる栄養物質がどの程度必要であるかについての知見も得られた．

飼育密度と，飼料給与量および食下量との関係については，給餌量を多くすれば密度をかなり高くしても蚕の成長は正常であることを明らかにし，かつ適正な給餌量も求めることができた．これにより生繭1kgの生産に必要な飼料の量も計算できることになり，飼料コストの計算もより合理的に行ないうるようになった　また飼料の腐敗も極度に少ない飼育環境下では，各齢1回給餌が可能となり，例えば起蚕時に計算量の飼料を与えてさえおけばよいことも明らかになった．これは5齢起蚕についても同じであり，5齢起蚕時に計算量の飼料を給与しておきさえすれば，一定日数の後に熟蚕がえられるわけである．

人工飼料の消化率，とくにその蛋白部分の消化率を高めるために，蛋白分解酵素を飼料へ加えることが試みられた．さらに人工飼料の桑葉粉末および蛋白質の消化率は，飼料組成を変えることにより異なることも示された．

4.　飼育環境

飼育室内の微生物汚染は人工飼料の腐敗や蚕病発生の原因となるので，清浄な飼育環境の在り方は明らかにしておかなければならず，また事実，飼育室内は可能な限り清浄に保つことが必要である．まず容易に実施できる浮遊菌測定法を確立し，飼育室における空中浮遊菌および落下菌の分布状態をいろいろな時期別に調査し，例えば外界における菌数増減と飼育室内における増減との関係を明らかにし，また作業者が入室し作業を開始すると浮遊菌数が著増することなどを知った．さらに人工飼料育室において大量飼育を行なう過程で，菌数の消長および汚染の程度を明らかにした．

また人工飼育における標準的な飼育体系の確立の一資料として，飼育中の温度および光線の影響を検討した結果，この両条件とも蚕の成長と発育に強く影響することを知った．すなわち，蚕の成長を良好ならしめる飼育温度は従来の桑葉育における標準の温度よりもやや高いところにあり，例えば1—3齢31℃，4—5齢26℃という条件が良好であった．温度が高いと蚕の経過は進んだが同時に体重は重くなり，かつその場合の繭質もすぐれていた．また光線の有無も経過に影響し，明条件は経過時間を長くさせると同時に体重を重くし，暗条件はこの反対であった．

しかしながらある種の温度条件および光線条件によっては3眠蚕または5眠蚕が多発することも明らかになり，したがってこれらの条件により蚕の成育の制御を的確に行ないうるとはいうものの，正常な条件を解明することが必要であり，ほぼその目的を達することもできた．またこれらの環境条件を変えることにより，産下卵の化性をある程度まで的確に変えうることも判明した．

飼育環境の影響を調べた結果として人工飼料育においてはとくに光線，温度による成長と発育の制御が桑葉育における場合よりも的確に行なえることが明白になった．

5.　機械化

桑葉粉末を大量に確保できかつその品質低下をまねかないような高能率の大型乾燥機を試作した．これは1時間当たり5kgの乾燥桑葉をうることができる能率のものであった．

また稚蚕飼育機（1台）および壮蚕飼育機（3台）を試作した．前者は蚕箔移動式であり，その一定部において給餌を行ないうるようなものとしたが，除沙部分を全自動化することは今回できなかった．後者はすでに普通蚕用に開発された多段式のものを人工飼料育用に改良したものである．

なお乾燥機および飼育機は東北支場人工飼料蚕室に設置し，その性能についてのテストは繰り返し実施した．

別に，マイクロ波による加熱装置を応用した飼料調製装置の試作も行なった．これによると従来の蒸煮方式に比べ，調製に要する時間が著しく短縮された．また調製した飼料による蚕飼育において何らの悪影響も認められなかった．

6.　大量飼育

昭和45年度において，東北支場の既存の一蚕室を人工飼料育蚕室に改修する工事を行なった．この蚕室に，飼料調製室，飼料貯蔵室，稚蚕飼育室，壮蚕飼育室，乾燥室，機械室などをもうけた．

蚕室改修前は何度か予備飼育試験を実施し，改修をまって46年度には大量飼育を繰り返し行なった．しかし大量飼育の規模は稚蚕10万頭，壮蚕4万頭の程度に限定せざるをえなかった．稚蚕人工飼料育・壮蚕桑葉育においては，収繭量はほぼ満足できる成績であったが，全齢人工飼料育ではなお若干の経過遅延と収繭量減少とが認められた．しかし従来の人工飼料育の成績と比較すれば，かなりの進展があった．稚蚕期における経過の不揃いの問題も徐々に解決されてはきたが，なお組成改善，給餌様式改善などと相まって，効率的な飼育体系の確立を急ぐ必要がある．また人工飼料育に適した機械化についての検討も不十分であった．

なお第1表には全齢飼育成績の一端を示した．桑葉育に比べ繭層歩合が若干低いとはいうものの，この繭成績であれば一般飼育結果に比べ遜色があるとは言えない．

第1表　全齢人工飼料育における繭調査成績

	繭重(g)	繭層重(cg)	繭層歩合(%)
雄	1.72	40.3	23.4
雌	2.31	45.4	19.7
平　均	2.02	42.9	21.2

蚕品種：共栄×新白.　　東北支場

全齢人工飼料育の予備試験においてえられた繭を繰糸した成績および生糸調査の成績も求めてみた．その結果は第2表と第3表にそれぞれ示した．繰糸成績はあくまで一例であり，今後いわゆる繭調査成績の向上とともに向上するものと思ってよい．また生糸調査の成績については，桑葉育でえられたものに比べてもほとんど遜色がなかった．人工飼料育でえられた生糸を用い，羽二重および縮緬を製織した。

7.　品種の選定

現行指定蚕品種の中から，原種および交雑種について，それぞれ人工飼料に対する適合性の高いものを選出した．これは越年種，即浸種，冷浸種別に実施した．一般に稚蚕の経過は支那種のほうが早く，他方日本種はそれに比べ経過が遅れたが体重増加はまさってい

第2表　全齢人工飼料育の繭の繰糸成績

繭糸長	繭糸量	繭糸繊度	解じょ率	生糸量歩合
1051 m	33.0 cg	2.83 d	62 %	15.59%

繰糸場所：岡谷製糸試験所原料繭研究室（昭和45年度）

第3表　全齢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
生糸繊度	20.60 d
繊度偏差	1.41

調査場所：絹繊維部，機織研究室および染色研究室（昭和45年度）

た．稚蚕期の経過の良好なもののみを全齢飼育し，人工飼料への適合性を比較判定した．国産系および民間系のものにつき多数の品種の中から適合性の高いものを選出することができたが，とくに国産系のものについて記すと，交雑種では8・3×3・4，日124号×支124号，2・4×5・4が良好であった．また日本種の8・3，支那種の3・4，支124号，支134号は良好であった．

今後の問題点

以上総括したように，人工飼料による大量飼育実施上のいくつかの問題点の解決には一定の進展があり，また新たな研究分野の展開をはかることができたが，しかし残された問題は決して少なくはなく，今後引続きその解決に当たらなければならない．

すなわち，組成改善，飼料効率増進，飼料腐敗防止など飼料の安定性向上に関する研究のみならず，その価格の低減をはかることも必要である．さらに桑葉乾燥，粉末化に要する労力，経費の少なくないことを考えれば，桑葉粉末添加量の少ない飼料ないしそれを含まない飼料の実用化についても検討しなければならない．

飼料調製，給餌を含めた人工飼料の装置化養蚕に関する研究は今後一層重要である．これと平行して，標準的な飼育技術体系を明確にしておかなければならない．さらに人工飼料育における経済的利点の限界についても資料を整えておく必要があろう．無菌飼育の手法をどの程度まで導入するのが望ましいかも検討事項の一つである．さらに共同飼育所程度の規模の実地の飼育試験も今後進めておくことが必要である．最後に，人工飼料用蚕品種の育成に関しても積極的に対応する時期が来ていることを付け加えておこう．