

超低廉 人工사료 및 超省力 누에사육기술의 개발

薛 光 烈

農村振興廳 蠶業試驗場

1. 머리말

누에는 식식성(食植性) 곤충중에서도 단식성 또는 협식성(狹食性)의 곤충으로 널리 알려져 오랜 세월동안 뽕잎만을 먹고 살아 왔다. 이 누에를 뽕 이외의 식물로 사육해 보려는 시도는 꽤 오래전부터 실시되어 누에가 먹고 어느 정도 성장할 수 있는 식물로는 구지뽕나무, 닥나무, 민들레, 왕고들빼기, 씀바귀 등 10여종류가 넘게 보고되어 있다. 그러나 이들의 사육성적이나 얻어진 고치는 뽕을 먹여 사육한 성적과는 비교도 안되는 현저히 뒤떨어지는 것이었고 실용적인 의미에서 뽕을 능가하는 식물은 찾아볼 수 없다.

누에를 처음으로 인공사료로 사육하는데 성공한 것은 1960년으로 당시 개발된 사료조성은 현재의 지식으로 보면 상당히 불완전한 것이었으나 과학적으로 배합한 인공적인 사료로 누에를 사육할 수 있었다는 점은 획기적인 사실이었다. 인공사료에 대한 당초의 연구는 양잠농가로의 보급을 특별히 의식한 것이 아니고 누에의 영양 요구성의 해명과 뽕의 열질문제를 해결하기 위한 수단으로서 시도된 것이었다. 그러나 연구가 진전됨에 따라 누에의 성장이나 고치생산에 필요한 각종 영양소가 밝혀지고 사료조성이나 물리성 등에 대해서도 지식이 축적된 결과 인공사료육 기술을 양잠현장에 도입하기 위한 시도가 실증사업이나 파이롯트사업으로서 다루어져 1970년대 후반에는 애누에 인공사료육의 보급이 본격적으로 이루어지게 된 것이다.

인공사료가 개발된지 어언 20년이란 긴 세월이 지났지만 오늘날 잠사업에 밀어닥친 정세는 매우 어려운 고비를 맞고 있다고 할 수 있다. 이러한 상황을 면밀히 분석해 보고 앞으로의 잠사업의 안정적 발전을 꾀하기 위해서는 지금까지 국내외에서 연구 개발된 혁신적 기술을 적극적으로 도입해서 양잠경영을 비약적으로 합리화, 근대화시킬 필요가 있다. 그러한 목적의 일환으로 노동력 절감을 위한 인공사료육의 보급확대는 필수불가결한 것이나 우리나라에서의 인공사료육의 보급은 기술적 문제뿐만 아니라 기술외적 요인들에

의해 지금까지도 보급이 지지부진한 실정이다. 그 주요 원인에 대해 먼저 고찰해 보면

- 1) 초기 인공사료육 보급에 있어서 사육기술자가 확보되지 않은 상태에서 사육기술이 정착되지 않아 실패상을 농민들이 집적 목격함으로써 인공사료육에 대한 부정적 인식이 심어지게 된 점.
- 2) 소규모 형태에서 기술자의 확보, 기술정착이 되면서 대규모로 확대해야 하는데 너무 일찍 규모의 확대를 서둘렀던 점.
- 3) 인공사료육이 투입되기 위한 시설자재 등의 미확보(항온항습시설, 가벼운 재질의 잠박, 급이기의 제작 공급 등)

이러한 상황에서 하향식의 인공사료육 보급은 무리에 무리를 더해 현재 대부분의 농가에서 인식이 매우 나쁜 실정이다. 그리고, 사료제조를 보다 간편하게 하기 위해서 설립된 인공사료 조제센터 역시 한국의 현실에 맞지 않는 일본식의 기계를 그대로 도입하였기 때문에 금년 가을에 공급한 사료까지도 문제시 되고 있는 것이다. 이와 같은 마이너스적 요인들이 산재해 있어 앞으로 인공사료육의 보급확대가 매우 어려운 실정인 것으로 판단되나 잠사업이 생존할 수 있는 것은 초생력화뿐으로 그 초보적 단계가 인공사료육의 도입인 만큼 값싼 사료를 만들어 농민들이 쉽게(매우 편하게) 사용할 수 있는 시스템의 확립이 긴요한 것으로 또한 이를 뒷받침하는 행정적 지원도 뒤따라야 할 것으로 생각된다. 그러나 사료의 저렴화는 어느 정도 한계가 있는 것으로 생각되며 보다 중요한 것은 초생력 사육법을 확립하고 이를 뒷받침할 수 있는 기기의 개발 등과 같은 시설투자도 뒤따라야 할 것으로 보인다.

2. 인공사료의 조성

누에는 오랫동안 많은 사람들에 의해 여러면에서 개량되어 왔다. 그러나 사료를 뽕에 의존한다고 하는 누에의 성질만은 현재까지도 거의 변화시키지 못하고 실제로 사용되고 있는 시판 인공사료에도 여전히 25%

표 1. 최근 인공사료의 조성과 가격비율

사료소재	첨가량(%)	가격비율(%)
건조 빵잎분말	24.9	20.0
탈지대두분말	32.8	7.3
대두스테롤	0.3	2.6
자당	4.0	4.4
섬유소	15.4	5.5
옥수수전분	5.0	0.7
구연산	3.7	2.7
비타민류	1.4	14.7
무기염 혼합물	4.0	4.0
한천	5.0	28.6
정제 대두유	1.3	0.8
방부제	2.2	8.5
합 계	100.0	100.0

(일본 : 구와노하나, 1986)

정도의 빵잎분말이 첨가되고 있다(표 1). 이것을 소재 가격면에서 보면 빵잎분말과 한천이 특히 값비싼 것으로서 이 2종류의 소재만으로 건물사료 가격의 약 50%를 차지하고 있다. 빵잎분말의 첨가는 인공사료에 대한 누에의 섭식성을 향상시키기 위한 것이 가장 중요한 목적으로서 현재의 누에품종을 사용하는 한 이 이상의 삭감은 곤란한 것으로 보인다. 또 빵잎중에는 누에의 섭식을 촉진하는 isoquercitrin, chlorogenic acid, hexacosanol 등이 존재하는 것으로 알려져 이들 물질을 첨가함으로써 섭식성은 현저히 향상된다. 그러나 이들 섭식촉진물질은 극히 값이 비싸서 실용적인 인공사료에는 이용하기 어렵다.

이처럼 누에는 냄새나 맛에 대해 극히 민감하게 반응하므로 인공사료에 조금이라도 기피성 물질이 들어 있으면 거의 먹지 않는다. 따라서 인공사료에 사용되는 소재는 먼저 기피물질을 함유하지 않는 것이 중요시 되어 매우 순도가 높은 소재가 이용되고 있다. 또 누에는 가축이나 가금과는 달리 수분을 사료로부터만이 섭취하므로 인공사료에는 보통 70~75%의 수분을 갖도록 해 둘 필요가 있다. 이 때문에 조형제로서 한천이 사용되고 있으나 근년에는 한천의 대체품으로서 값싼 카라기낭도 이용되고 있다. 또 사료의 물리성이나 보수성을 유지하기 위해 전분이나 셀룰로즈분말 등도 첨가하고 있다. 게다가 인공사료는 수분함량이 높고 고온다습한 환경하에서 누에를 사육하는데 사용되기 때문에 방부제나 항생제 또는 항산화제의 첨가도 필요하다.

이와 같이 누에 인공사료를 조성면에서 보면 영양소를 공급하기 위한 소재는 의외로 적고 오히려 누에의 식성이나 곤충으로서의 특성과 밀접하게 관련

되는 많은 소재가 사용되고 있음을 알 수 있다.

3. 선형계획법에 의한 저렴 인공사료의 개발

이제까지 인공사료의 조성개선은 누에의 섭식성이나 성장, 고치의 품질 등을 지표로 해서 빵잎분말이나 탈지 대두분말의 증감, 새로운 사료소재의 도입여부와 적정 첨가량의 결정, 값비싼 한천 등의 삭감이나 값싼 대체물질의 검색 등에 대해서 주로 실시되었다. 결국 지금까지의 인공사료는 사용하는 사료소재의 적부나 가격만을 문제로 삼아 사료에 함유되는 영양소의 함량에 대해서는 그다지 고려하지 않았다고 해도 과언이 아니다. 이 때문에 누에의 영양요구에 적합한 인공사료의 개발 방법으로서 선형계획법이 도입된 것이다. 그러나 선형계획법에 의해 초기에 개발된 인공사료는 누에의 섭식성이 현저히 떨어지고 빵잎분말을 상당히 대량으로 첨가해도 실용에 가까운 사육성적은 얻을 수 없었다. 그후 堀江·渡辺(1983) 및 柳川 등(1988)은 이 방법으로 누에의 사료조성을 설계하는 데에 충분히 이용할 수 있는 수준으로까지 발전시켰다.

인공사료의 조성개선에 있어서 선형계획법의 이점은 각 사료소재에 함유되어 있는 영양소의 함량과 단가로부터 누에의 영양요구에 맞는 가장 값싼 사료조성을 컴퓨터로 설계할 수 있다는 점이다. 따라서 이 방법으로 설계된 인공사료가 종래의 사료와 크게 다른 점은 사료중에 함유되어 있는 조단백, 아미노산, 무기물, 비타민, 스테롤, 지방산 등 모든 영양소 함량이

표 2. 선형계획법에 의해 설계된 광식성 누에용 사료조성

사료소재	첨가량(%)		
	1~2령용	3령용	4령용
빵잎분말	4.000	4.000	—
탈지대두분말	31.983	35.566	36.782
옥수수분말	30.000	30.000	30.000
탈지쌀겨	18.333		
채종박	—	5.000	8.000
무기염혼합물	2.502	2.537	2.669
비타민혼합물	0.224	0.219	0.235
대두유	1.855	1.806	1.778
스테롤	0.194	0.200	0.204
아스코르빈산	1.000	1.000	1.000
구연산	4.000	4.000	0.000
카라기낭	5.000	5.000	4.000
방부제	0.910	0.910	0.910
합 계	100.001	100.001	100.002

(LPY-141)

표 3. 저렴 인공사료에 의한 광식성 누에의 사육성적

누에품종	사용한 인공사료	털떨이율 (%)	화용비율 (%)	1만두 수 견량(kg)	전견중 (kg)	견중중 (cg)	견중비율 (%)
보통품종	1~3령시판인공사료	99.5	94.7	19.0	2.12	52	24.7
광식성누에	1~3령 LPY-141사료	90.7	94.0	10.6	3.04	50	24.5
광식성누에	1~4령LPY-141사료	99.7	93.7	17.9	2.00	49	24.7

밝혀지고 있다는 사실이다. 바꾸어 말하면 선형계획법에 의한 사료조성 설계는 누에의 성장에 필요한 각종 영양소를 충족시키기 위해서 사료소재중에서 가격이 낮은 순서로 소재를 선택하고 그 결과로서 조성이 결정되는 것이다. 또 이 계산과정에서 사료소재로서 선택되지 못한 소재에 대해서는 그 영양소 함량으로 부터 Shadow-cost를 산출해서 도입이 가능한 가격도 나타내 주고 있다. 그런데 선형계획법에 의해 사료조성을 설계하기 위해서는 먼저 다음 사항을 밝혀 둘 필요가 있다.

- 1) 각종 사료소재에 함유된 조단백, 조지방, 가용무질소물, 조섬유 및 조회분 등의 일반 성분과 개개의 아미노산, 무기물, 비타민, 스테롤, 지방산 등의 함량
- 2) 설계된 인공사료중에 함유되어야 하는 上記 각종 영양소의 최저 필요량
- 3) 누에의 섭식성이나 사료의 물리성에 영향을 미치는 사료소재의 적정첨가량
- 4) 각종 사료소재의 단가

1)에 대해서는 농촌영양개선연구원에서 발간한 식품성분표 등으로 어느 정도 공표되어 있으나 누에는 가축이나 가금과는 다른 특수한 영양소를 필요로 하는 점에서 이들 수치를 직접 이용할 수 없는 경우도 있다. 따라서 영양소의 함량을 다시 분석해 둘 필요가 있다.

2) 누에의 성장이나 고치의 생산에 필요한 각종 영양소에 대해서는 오랫동안 연구 축적된 결과가 있어 최저 필요량이 밝혀져 있다.

3)에 대해서는 아직까지 적절한 지표가 없기 때문에 누에를 사육해서 미리 그 적정 첨가량이나 첨가량의 上限 또는 下限을 조사해 둘 필요가 있다.

4)에 대해서는 사료회사의 카다로그나 상품시장 정보지 등을 참고로 해서 조사해 둔다. 이상의 데이터를 기본으로 해서 일본에서 개발된 광식성 누에용 사료 LPY-141의 조성은 표 2와 같다. 이 사료로서는 광식성 누에를 이용하는 것으로 뽕잎분말 첨가량을 대폭 줄인 것이 특징이다. 즉 뽕잎분말의 첨가는 그 중에 함유된 섭식촉진물질의 공급에 한정되고 아미노산이나 비타민 등의 영양소는 탈지대두분말, 탈지

쌀겨, 옥수수분말 등에서 공급되고 또 무기물이나 비타민 등은 뽕잎분말이나 탈지대두분말 등 채택된 사료소재중에 함유된 양을 계산, 부족한 부분만을 單體 또는 화합물로서 첨가하여 결과적으로 대폭 줄일 수가 있었다. 더욱이 蔗糖, 전분, 셀룰로오스분말 등은 반드시 첨가할 필요가 없는 것도 알 수 있다. 이것을 종합해 보면 인공사료의 가격은 대폭적으로 줄어제, 소재 가격으로서는 기존의 시판 인공사료의 1/2 정도로 내릴 수 있는 것으로 생각된다(일본에서는 이 사료조성을 기본으로 사료 maker의 협력을 얻어 시판에 적합한 低 cost 인공사료를 4종 개발하였음). 선형계획법에 의해 설계된 사료에 의해 광식성 누에를 전령사육한 결과는 표 3과 같이 수견량에 있어서 기존사료에 비해 다소 떨어지나 사료가격이 1/2 정도로 가능하기 때문에 매우 유리한 것으로 판단된다.

4. 초생력 사육기술

이러한 사료 가격면에서의 누에 고치생산비의 절감은 한계가 있는 것으로 고치생산비를 보다 절감시키기 위해서는 초생력 사육방법 또는 장치의 개발에 의한 사료의 저렴화 효과를 높이는 것이 바람직하다. 위에서 설명한 바와 같이 이러한 견지에서 지금까지 개발된 보다 생력화한 사육기술을 살펴 보면 봉상급 이법, 평판사료에 의한 사육법 및 무균사육법이 있다. 애누에때 인공사료를 채칼로 썰어 주는 절삭법이 일반적이지만 봉상급이법으로 1령때 5×5×30mm, 2령때 8×8×30mm, 3령때 12×12×40mm 크기로 사료를 썰어주면 ① 면적중증의 증가 ② 급이량의 절감 ③ 누에자람새의 균일화 ④ 견질의 향상 ⑤ 급이회수의 절감 ⑥ 누에자리면적의 축소 ⑦ 사육작업의 간이생력화를 꾀할 수 있으나 대량사육을 위해서는 블럭형 절단기의 제작이 필요한데 현재까지 개발되지 못하고 있어 실용화에 어려움을 갖고 있다.

다음에 평판사료육은 사료를 평판형으로 만들어 누에를 그 위에 떨게되므로 급이회수를 절감시킬 수 있는데 령중 1회, 1~3령 1회 또는 1~4령 1회 급이하는 방법이 시험되어 실용화에는 1~3령 또는 1~

4령 1회 급이하는 방법이 채택되어야 할 것이다. 우선 이 사료에는 사료를 성형 또는 고형시키는 한천성분이나 셀룰로오스가 불필요하므로 사료가격을 30% 이상 절감시킬 수 있고 급이량도 대폭 절감시킬 수 있어 초생력 양잠을 가능케 하나 1회 급이로 장기간 방치해서 먼치리를 생략하므로 누에가 균일하게 성장할 수 있는 사료의 개발이 관건이며 또한 사료의 방부력이 우수하여도 무균사육과 연계되지 않으면 실패하기 쉽다.

무균사육법은 인공사료 개발초기에 이미 plastic isolator 등을 이용, 소규모로 실시하여 양호한 사육 성적을 얻었으나 대규모로 실용화하기에는 시설비 부담과 사육기술, 당시의 사료수준에서는 매우 어려웠다. 그러나 현재 사육시설을 무균실화 하고 사육을 거의 기계화한 잠실에서, 일반 양잠농가에서 사육이 가능한 시기에는 사육방법을 초생력화한 1~4령 1회 급이하여 사육한 5령 누에를 양잠농가에 공급하고, 그외의 시기에는 전령 인공사료육(전령 2회 급이법)을 실시, 연 36회 다회육을 실시함으로써 시설투자에 대한 경제성을 높이는 방법이 고안되어 있어 앞으로 초생력 양잠기술에 도입될 전망이다. 이러한 무균시설에 의해 전령 인공사료육의 다회육이 가능하게 되면 누에사육은 공장화되어 무균무인사육시스템도 가능하게 될 것이며 silk의 수요가 있는한 경제성이 있는 인공사료육시스템에 의해 고치의 대량생산은 가능할 것으로 전망된다.

5. 맺음말

이상에서와 같이 초저렴 인공사료의 개발은 지역 및 시기적으로 가장 값싼 사료소재들을 사용하여 선형계획법에 의해 컴퓨터로 그 조성을 만들 수 있으나 사료 자체의 저렴화에는 한계가 있는 것으로 먼저 우리 현실에 맞는 사료형 또는 사육형식을 결정하여 초생력 사육기술을 개발하고 이에 따르는 사육기기 또는 장치를 고안, 도입하여 부가적 사료저렴화를 도모하여야만 할 것이다.

한국의 잠업이 현실적으로 볼 때 초생력화 및 기계화를 도모하지 않으면 살아 남을 수 없는 것으로

판단되며, 따라서 인공사료육의 보급확대를 꾀하여야 하나 이를 위해서는 각계 즉 행정, 지도, 연구분야 종사자 및 농민 모두가 하나의 목표아래 일사불란하게 이 어려운 현실을 타개해 나가도록 노력하여야만 할 것이다.

引用文獻

- 陳 瑞英·森 肇·角田素行·袁 錦麟·北丸 豊·松原藤好(1992). 人工飼料育による年間 36回の繭生産. 日蚕雑 61: 172-179.
- 堀江保宏(1990) 革新養蚕のための技術戦略. 日本蚕糸新聞社 pp.117-146.
- 伊藤智夫(1983) 蚕の栄養と人工飼料. 日本蚕糸新聞出版局 pp184-226.
- 小山重郎·村上 毅·大槻良樹·横沢三夫(1991) 養蚕の技術革新と未来. 蚕糸科学と技術 30(2): 26-30.
- 松原藤好·山田 隆·森 肇·角田素行·一田昌利(1991) 人工飼料の無菌飼育の育蚕體系への導入に関する研究 V. 1-4齡期間 1回給餌. 京都工織大学報 15: 1-10.
- 松原藤好(1992) 人工飼料無菌飼育法をベースにしたわが國の新しい周年養蚕. 京都工織大学報 16: 1-8.
- 新田義孝(1991) ハイテクにとる傳統産業の復活—養蚕を近代化して, 古來の傳統文化を守ろう—MACRO NEWS No. 18: 1-8.
- 農林水産省農蚕園芸局(1981) 稚蚕人工飼料育指導の手引. 日本蚕糸新聞社 pp 5-20.
- 萬治郎·矢沢盈男·山下忠明·関 留吉(1973) 家蚕人工飼料の組成改善, とくに人工飼料用桑葉の質的條件の検討および家畜飼料の利用について. 蚕試彙報 96: 21-39.
- 寺本憲之(1988) ブロック給餌法による家蚕人工飼料育. 蚕糸科学と技術 27(10): 34-37.
- 上田 悟(1987) 人工飼料育(1)飼料. 蚕糸科学と技術 26(5): 62-65.
- 柳川弘明(1988) 人工飼料による繭生産. 製絲夏期大学教材: 40-46.
- 柳川弘明·渡辺喜二郎·中村匡利(1989) 廣食性蚕利用による人工飼料への家畜用飼料素材の導入. 日蚕雑 58: 401-405.
- 柳川弘明(1990) カイコの人工飼料育技術. 農業及び園芸 65(5): 71-76.
- 柳川弘明·渡辺喜二郎·鈴木 清(1991) 低コスト人工飼料の開発—線形計画法による廣食性蚕用人工飼料の開発—. 蚕糸昆虫年報 3: 57-75.