

큰누에 자동사육장치 개발

Development of a automatic system for rearing silkworms

최희석*	박희만*	이선호*	이원옥*
정희원	정희원	정희원	정희원
H.S.Choi	H.M.Park	S.H.Lee	W.O.Lee

1. 서 론

우리나라 양잠은 '60년대 이래 중요한 농가소득원 이면서 외화획득에 크게 이바지 하여 온 주요 수출작목중의 하나였다.

그러나 '80년대 들어서면서 농촌인력의 도시로의 이농현상이 심화됨에 따라 노동력 부족과 노임상승을 초래하게 되고, 누에고치 생산비중 노력비가 65%나 차지하는 양잠은 타작목에 비해 상대적으로 소득수준이 낮아지게 되었다.

이와 함께 최근에는 농축산물 수입자유화의 물결을 타고 중국 및 브라질 등으로부터 저가의 누에고치가 다량 수입됨에 따라 국내 양잠은 급속히 경쟁력을 잃어 '80년 36.1천톤이던 누에고치 생산량은 '95년 0.2천톤으로 격감하여, 쇠퇴하는 양잠의 활성화와 최근 건강식품으로 각광받고 있는 누에 분말가루의 생산량 증대를 위한 생력저생산비 누에사육기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

지금까지 국내 누에사육 기계화기술은 급상대차를 이용한 조상육 보급율이 20% 수준으로 사육부분에서 기계화의 초보단계에 머물고 있으며, 누에떨이분야에 있어서는 누에떨이기가 농업기계화연구소에서 개발되어 보급이 이루어지고 있으나 기계화수준은 미약한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 쇠퇴하고 있는 양잠의 사육규모 확대와 노력 및 생산비 절감을 위하여 뽕잎채취 및 공급, 분 및 뽕잎잔류물제거, 누에사육, 누에올리기 일관작업형 큰누에 자동사육장치를 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 제작

시작기는 단위장치로 뽕잎채취기와 뽕잎잔류물제거장치, 사육부, 누에확산장치를 제작한 다음 각 단위장치를 연계하여 시스템을 구성하였다.

뽕잎채취기는 공급롤러와 뽕잎채취드럼의 원주속도차에 의해 1차적으로 뽕잎이 채취되고,

* 농업기계화연구소

미채취된 뽕잎과 연약한 순뽕에 대해서는 잔류뽕잎제거 칼날에 의해 2차적으로 채취되는 원리로 고안제작 하였으며, 뽕잎잔류물제거장치는 진동과 동시 송풍형으로 진동시 선별망 아래로 누에가 낙하되고, 송풍에 의해 뽕잎잔류물이 선별망 상단 후방으로 수집되도록 제작하여 뽕잎잔류물에 누에가 부착되는 것을 방지하였다.

또 누에확산장치는 누에의 손상을 줄이기 위해 경사형 벨트로 제작하였으며, 누에의 균일한 확산을 위해 벨트 상단에 가이드를 부착하였으며, 사육부는 돌기를 부착하여 누에의 뽕잎 식하율을 증대시키는 구조로 제작하였다.

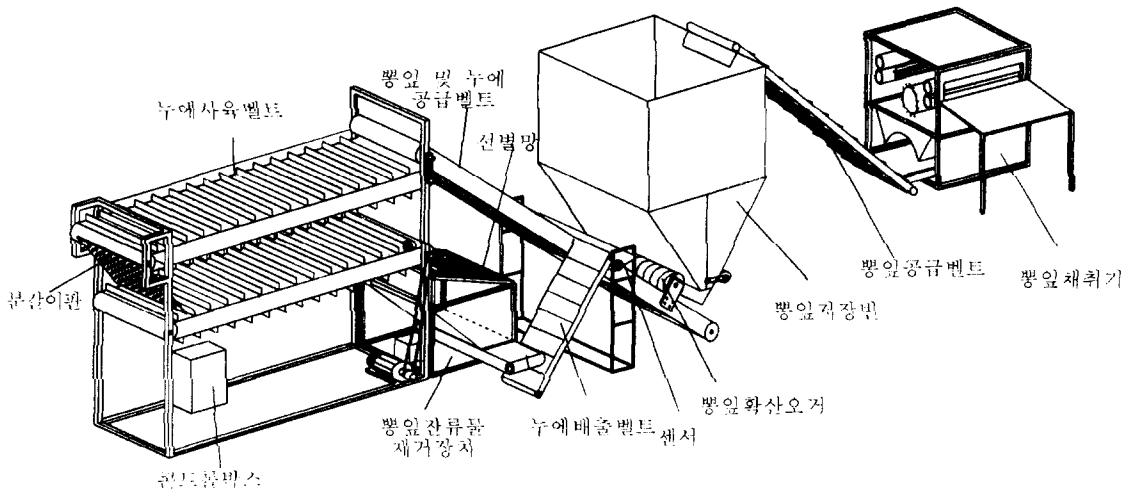


Fig.1. Schematic diagram of a automatic system for rearing silkworms

나. 공시재료

성능시험에 사용된 공시재료는 '95년에서 '97년까지 3년간 경기도 수원시 잠사곤충연구소로부터 큰누에(5령)의 경우 춘잠, 추잠기에 제공받았으며, 뽕나무는 춘잠시기에는 겉가지가 많은 순뽕, 추잠시기에는 곧은 가지뽕을 시험에 사용하였다.

다. 시험방법

뽕잎채취기는 적정 채취속도를 결정하기 위하여 뽕잎채취회전드럼의 원주속도별로 작업성능 및 뽕잎채취율, 뽕잎미채취율, 손상을 등을 조사하였으며, 이때 공급롤러와 뽕잎채취회전드럼의 원주속도비를 1 : 9.5로 하였다. 또 뽕잎잔류물제거장치는 누에와 뽕잎잔류물의 공급량별로 뽕잎잔류물제거율 및 누에선별율, 누에선별능을 등을 조사하였다.

사육부의 적정형상을 구명하기 위하여 사육상의 형상별로 누에 식하율을 조사하였으며, 누에확산장치는 선별된 누에가 새로운 뽕잎에 원활히 확산될수 있도록 하기위하여 누에확산벨트 경사각별로 누에분포율을 조사하였다. 각단위장치를 연계한 자동사육시스템의 성능시험은 사육규모를 10상자/회로 하여 사육벨트 속도별로 작업소요시간 및 누에손실율 등을 조사 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 뽕잎채취기 적정 채취속도 구명

뽕잎채취기의 원리는 뽕나무를 공급롤러에 투입하였을 때 뽕잎채취회전드럼과 공급롤러의 원주속도차에 의해 1차적으로 뽕잎이 채취되고, 미채취된 뽕잎과 연한 순뽕부분은 2차적으로 채취되며, 주로 뽕잎채취드럼에 의해 채취가 이루어진다. 따라서 뽕나무 공급롤러의 원주속도를 0.06m/sec로 고정한 다음 뽕잎채취드럼의 원주속도를 0.50, 0.57, 0.63m/sec로 변화시키며 작업정도 및 작업능율을 조사한 결과, 뽕잎채취드럼회전속도가 빠를 수록 작업능율은 높았으나 뽕잎채취율은 원주속도 0.57m/sec에서 98.0%로 가장양호하였으며, 이때 손실율도 1.3%로 낮게 나타났다. 따라서 뽕잎채취드럼의 원주속도는 0.57m/sec가 적정한 것으로 판단되었으며, 이때의 작업성능 247kg/hr은 인력작업과 비교할 때 5.1배가 능율적인 것으로 나타났다(그림2).

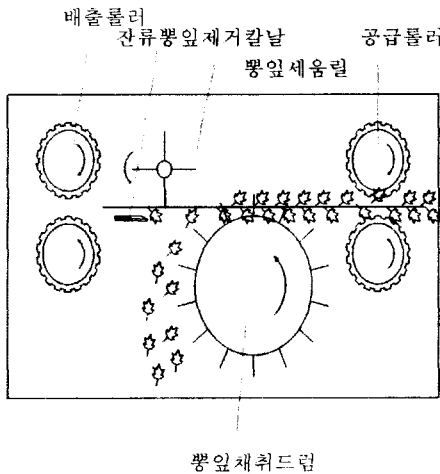


Fig.2. Principle of mulberry leaf picker

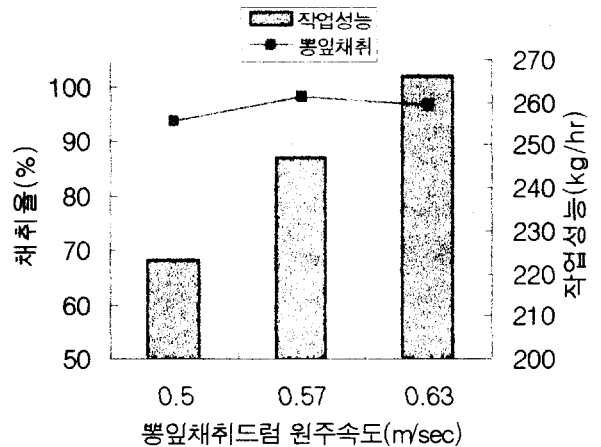


Fig.3. Working Performance & picking rate of mulberry leaf by picking drum speed

나. 뽕잎잔류물제거 시험

누에가 먹다남은 뽕잎잔류물을 원활히 제거하고 큰누에만을 선별하여 다시 새뽕잎을 공급하는 체계로 큰누에사육시스템을 구성하기 위해, 당초 진동을 이용하여 누에를 선별코

자 하였으나 누에가 살아있는 생명체로 진동시 움켜잡는 특성 때문에 어려움이 있어 바람을 이용하여 뽕잎잔류물을 위로 부상시켜 날려보내고 누에는 진동에 의해 선별망 하단으로 낙하되도록 하였다.

이때 경사각 선별망 눈금의 크기를 20mm×40mm, 선별망의 진동수는 190cpm, 진폭은 80mm, 송풍기의 풍속은 2m/sec, 풍향은 스크린 경사방향으로 25° 로 고정된 다음 선별망 경사각을 14, 16, 18, 20°, 공급량을 138, 276, 414, 552kg/hr로 조절하며 뽕잎잔류물 제거율, 누에선별율, 누에선별능을 등을 조사하였다.

선별망 경사각의 경우 일정량을 공급하였을 때 경사각이 커질수록 처리시간이 짧았으나 뽕잎잔류물 제거율의 경우 경사각 18° 에서 89.7%로 가장양호하였으며, 누에선별율은 14~18° 에서 98.9~99.9%로 높게 나타났으나, 20° 에서 96.3%로 문제가 있어 뽕잎잔류물 및 누에 선별율을 종합하여 볼 때 선별망의 경사각은 18° 가 적당한 것으로 판단되었다(그림4).

또 공급량이 증가될수록 누에선별 능율은 높았으나, 작업정도 측면에서는 공급량 414 kg/hr에서 뽕잎잔류물 제거율 및 누에선별율이 각각 85.7%, 99.9%로 높게 나타났다(그림5).

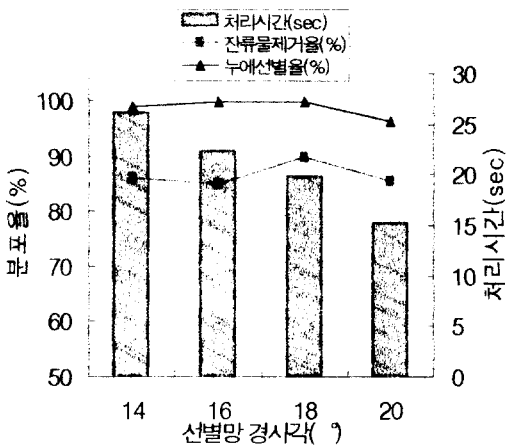


Fig.4. The removing rate of residual materials and cleaning rate of silkworm by cleaning Screen title angle

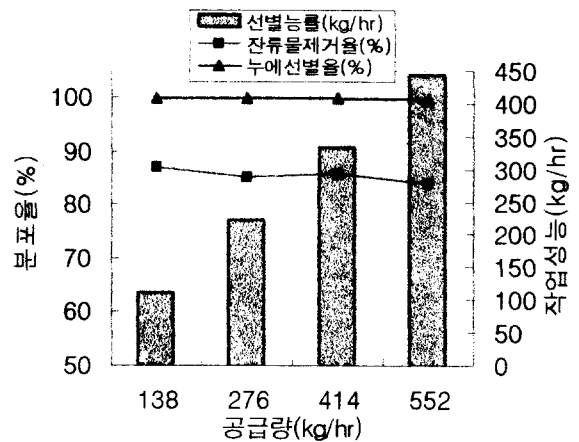
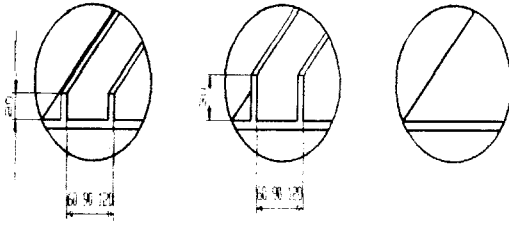


Fig.5. Working performance, removing rate of residual materials and cleaning rate of silkworm by supplying amount of mulberry leaves.

다. 누에사육부 적정형상 구명

누에사육부의 적정형상을 구명하기 위하여 사육상 표면의 형상을 그림6에서 보는 바와 같이 A형, B형, C형의 3개유형으로, A형의 경우 돌기높이를 20mm로 고정된 다음 배치간격을 60, 90, 120mm, B형의 경우는 돌기높이를 30mm로 고정하고 배치간격을 60, 90, 120mm, C형의 경우 평벨트로 하여 각각의 조건별로 식하율을 조사하였다.

형상별 식하율은 돌기높이가 높고, 배치간격이 좁을수록 높게 나타났는데, B형 돌기높이 30mm, 배치간격 60mm에서 58.1%로 평벨트 53.2%에 비해 4.9%의 식하율 증대효과가 있었다.



[A type] [B type] [C type]
 Fig.6. Type of rearing silkworm bed

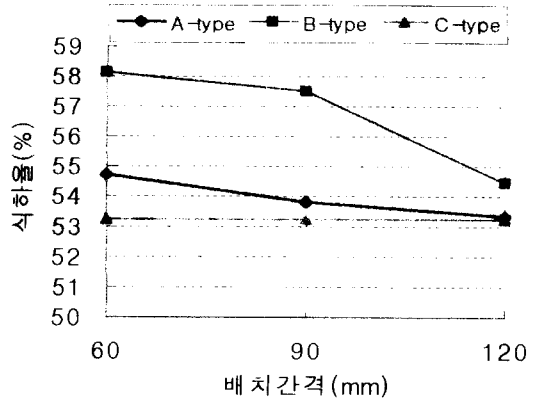


Fig.7. Eated rate by pitch and type of rearing silkworm bed

라. 누에 확산벨트 경사각별 누에분포율

누에 확산장치는 누에의 손상율을 최대한 줄이기 위해 폭 300mm의 평벨트를 사용하였기 때문에 누에가 균일하게 확산되기 위해서는 설치경사각이 매우중요하다. 따라서 누에의 확산벨트 경사각별 누에분포율을 5개 구간으로 나누어 조사한 결과, 경사각이 낮을수록 5번쪽, 경사각이 높을수록 1번쪽으로 편중되었으며, 경사각 23°에서 표준편차 7.09로 가장 좋았다(그림8).

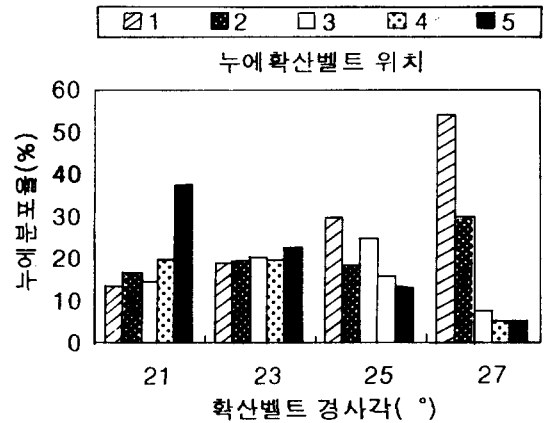


Fig. 8. Distribution rate by title angle of silkworm spreading belt

마. 자동사육장치 구성 및 성능시험

본 자동사육장치는 각 단위장치를 연결하여 시스템을 구성하였고, 작동제어 PLC를 사용하였으며 제어체계는 그림9와 같다. 작동원리는 큰누에가 사육부에서 사육되고 있다가 뿔입공급시기가 되었을 때 작업자가 작동스위치를 누르면 누에와 뿔입잔류물, 누에 똥이 있는 사육벨트가 서서히 회전하여 똥같이판으로 이송, 타공망을 통과하면서 누에똥이 제거된다. 이때 남아있는 큰누에와 뿔입잔류물은 사육벨트가 계속 회전하여 뿔입잔류물제거부의 선별망 상단에 낙하되면 뿔입잔류물은 송풍기에서 나오는 바람에 의해 선별망 위쪽 후방으로

날려 보내지고, 동시에 선별망 진동에 의해 큰누에가 선별되어 선별망 하단의 누에배출벨트에 의해 배출된다. 배출된 누에는 이송벨트에 의해 누에확산부로 유도되며, 누에 확산부의 초입에 있는 누에감지센서가 누에를 감지하면 뽕잎채취장치 및 뽕잎이송벨트, 뽕잎저장빈의 뽕잎배출오기가 동시 작동하여 채취된 뽕잎이 누에공급벨트위에 균일하게 퍼준다. 이렇게 해서 공급되는 뽕잎위에 누에확산장치로 부터 누에가 낙하된 다음 큰누에 사육부로 이송되어 최종적으로 뽕잎감지센서가 작동되어 일련의 작업이 자동적으로 완료하게 된다. 자동사육 장치의 성능시험결과 표1에서 보는 바와 같이 사육벨트 속도가 빠를수록 작업성능은 높았으나 누에손실율이 높아지기 때문에 누에손실율을 고려할 때 사육벨트의 속도는 90.0m/hr가 적당하였으며, 이때 10상자 규모를 사육하는데 소요되는 작업시간이 19.2시간 으로 관행 168.1시간에 비해 8.8배 능률적이었다.

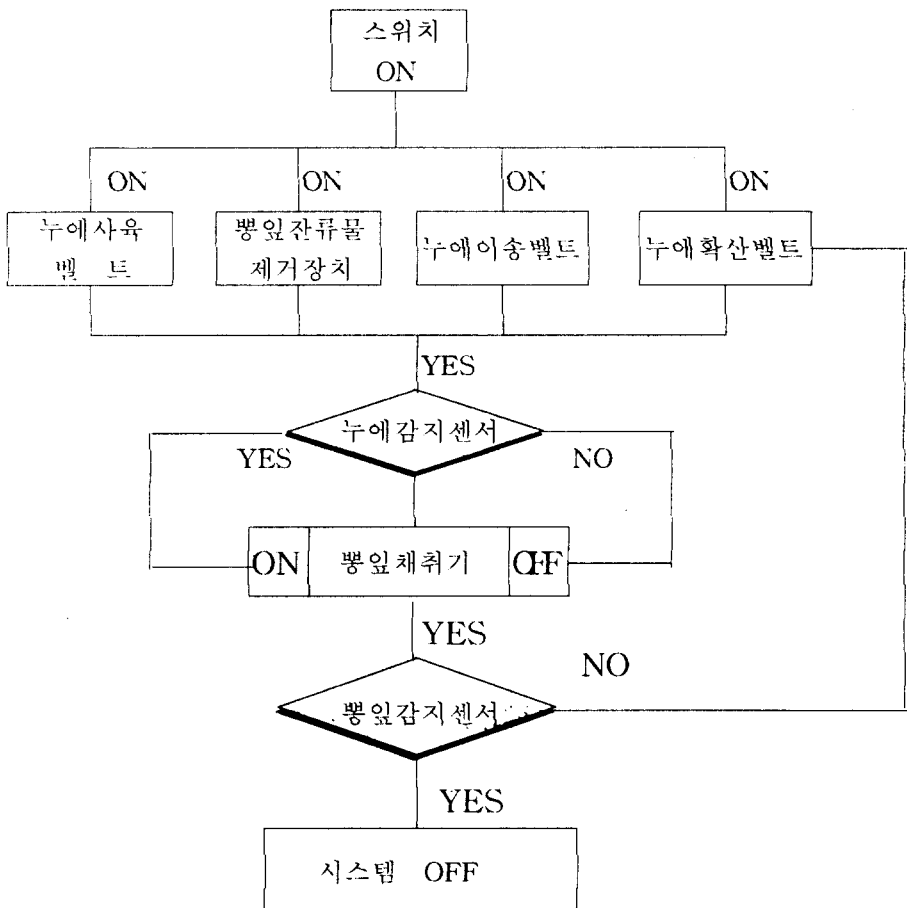


Fig.9. Flowchart diagram of a automatic control system.

Table 1. Working performance by rearing silkworm belt speed

사육 벨트 속도 (m/hr)	뽕 잎 공급량 (kg/hr)	큰누에사육 소요시간 (hr/10 box)					누에 손실율 (%)	누에 올리기 (hr/10box)	누에 올림 정도
		뽕 공급	뽕 같이	누에 떨어	뒷처리	계			
60.0	150	28.0	-	-	0.5	28.5	0.7	31.5	양호
90.0	225	18.7	-	-	0.5	19.2	1.1	31.5	양호
120.0	300	14.0	-	-	0.5	14.5	1.3	31.5	양호
관행 (가지뽕)	830	84.7	37.5	31.7	14.2	168.1	-	31.5	양호

4. 결론 및 요약

본 큰누에 자동사육장치는 현재 인력에 주로 의존함으로써 노력이 많이 소요되고, 사육 규모확대가 곤란한 양잠의 사육관리 초생력기제화를 위하여 뽕잎채취 및 공급, 분 및 뽕잎 잔류물제거, 누에사육, 누에올리기 일관작업형 큰누에 사육 자동화장치를 개발한 시험결과는 다음과 같다.

- 가. 뽕잎채취기의 뽕잎채취드럼 원주속도는 0.57m/sec에서 뽕잎채취율이 98.0%로 가장 양호하였고, 손상율도 1.3%로 낮게 나타났으며, 이때의 작업성능은 247kg/hr로 인력에 비해 5.1배 능률적이었다.
- 나. 뽕잎잔류물제거장치의 선별망 경사각은 18°가 적당하였으며, 공급량은 작업정도를 고려할 때 414kg/hr가 가장 좋았다.
- 다. 사육부의 형상별 식하율은 돌기높이가 높고, 배치간격이 좁을수록 높게 나타났는데, B형 돌기높이 30mm, 배치간격 60mm에서 58.1%로 평벨트 53.2%에 비해 4.9%의 식하율 증대효과가 있었다.
- 라. 누에의 확산벨트 경사각별 누에분포율은 경사각이 낮을수록 5번구, 경사각이 높을수록 1번구쪽으로 편중되었으며, 경사각 23°에서 표준편차 7.09로 가장 좋았다.
- 마. 큰누에자동사육장치의 성능시험결과, 사육벨트의 속도는 90.0m/hr가 적당하였으며, 이때 10상자 규모를 사육하는데 소요되는 작업시간이 19.2시간으로 관행 168.1시간에 비해 8.8배 능률적이었다.

5. 참고문헌

1. 농업기계화연구소. 1986. 시험연구보고서(누에떨이기 개발시험). pp.250~256.
2. 농촌진흥청. 1991. 생력양잠기술. pp. 167~209
3. 잠업시험장. 1994. 10. 양잠기계화의 현황과 발전방안 심포지엄. pp3~14, 55~6644
4. 농촌진흥청. 1996. 농촌진흥사업 통계자료 pp194~195
5. 水澤久成*. 1990. 養蠶의 初省力 (1). 農業および 園藝 第65券1號 pp.226~230
6. 水澤久成*. 1990. 養蠶의 初省力 (2). 農業および 園藝 第65券2號 pp.49~54
7. 水澤久成 外3人. 1990. 初省力 養蠶飼育装置の開發. 蠶絲式驗場 年報 제134호 pp.191~204
8. 農村振興廳. 1993. 養蠶管理作業의 省力機械化 體系確立. pp.106~117